

Övningar i geomorfologi

Exercises in geomorphology

Peter Jansson

Contents

1	Introduktion/Introduction	5
2	Topografiska kartor/Topographic maps	6
2.1	Dragning av höjdkurvor/Map contouring	6
2.2	Digitala kartor/Digital maps	7
3	Vittring/Weathering	9
3.1	Postglacial ytvittring/Post-glacial surface weathering	9
3.2	Inselberg/Inselberg	10
3.3	Exfoliationsdom/Exfoliation dome	10
3.4	Etsning och strippning/Etching and stripping	10
3.5	Slukhål, uvala, polje och ponor/Sinkhole, uvala, polje and ponor	10
4	Sluttningsprocesser/Slope processes	11
4.1	Skred och ravinbildning/Land slides and ravine formation	11
4.2	Bergras/Rockfall	11
4.3	Talus/Talus	12
4.4	Skred/Landslide	12
5	Fluvial landforms and processes	13
5.1	Geomorfologiska laboratoriet/Geomorphological laboratory	13
5.1.1	Laboration med 2,5 m laboratorieränna/laboratory with the 2.5 m laboratory flume.	13
5.1.2	Stor ränna/Large flume	14
5.1.3	Vågtank/Wave tank	15
5.2	Digital geomorfologilaboration/Digital geomorphology laboration	15
5.2.1	Lilla rännan/Small flume	16
5.2.2	Stora rännan/Large flume	17
5.2.3	Vågtank/Wave Tank	18
5.3	Meandring/Meandering	20
5.4	Flätverksströmmar, anabranching och anastomoserande vattendrag/Braided, anabranching and anastomosing rivers	20
5.5	Delta/Delta	20
5.6	Alluvialkon/Alluvial fans	21
6	Kustprocesser/Coastal processes	22
6.1	Kusttransport/Coastal transport	22
6.2	Strandlinjer/Raised beaches	23
6.3	Strandlinjer och HK/Shorelines and the highest shoreline elevation	24
7	Glaciala processer och landformer/Glacial processes and land forms	25
7.1	Glacial erosion och isrörelse/Glacial erosion and ice flow	25
7.2	Drumliner/Drumlins	27
7.3	De Geer-moräner/De Geer moraines	28
7.4	Dränring av glaciala sjöar/ Glacial lake drainage	29
7.5	Ändmoräner/Terminal moraines	30
7.6	Rogenmorän/Rogen moraine	31
7.7	Veikimorän/Veiki moraine	32
7.8	Glacialt landskap/Glacial landscape	33
8	Periglaciala processer/Periglacial processes	35
8.1	Pingo och iskilar/Pingo and ice wedges	35
8.2	Termokarst/Thermokarst	35
8.3	Utblåsningskratrar/Blow-out craters	35
8.4	Blockglaciärer i Muragl/Rock glaciers in Muragl	35
8.5	Blockglaciären i Sälka/The rock glacier in Sälka	36
9	Vindprocesser/Eolian processes	37
9.1	Sanddyner/Sand dunes	37
9.2	Barkaner, stjärn och linjära dyner/Barchan, parallel, star and linear dunes	38
9.3	Yardang/Yardang	38
10	Storskalig geomorfologi/Large scale geomorphology	39
A	Ordlista/Dictionary (English to/till svenska)	41
B	Kompassen/The compass	45



Övningar i geomorfologi/Exercises in geomorphology is copyright © 2023 by Peter Jansson and available through its doi: <http://dx.doi.org/10.17045/sthlmuni.7263935>
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Förord/Preface

The idea for making this compendium was to make sure exercises in geomorphology were collected in one place. It was also important to make sure exercise instructions were not lost because they resided on an individual computer.

I am sure the compendium will grow over time. The point of the collection of exercises is not to create a set that must be carried out at any given time but rather to be a collection where a specific subset can be provided for a specific course and purpose.

The compendium was inspired by the many colleagues and former instructors I have met and worked with over time. Some persons have contributed specific parts of the set of exercises. Bo Strömberg established the original exercise using the small flume used in the geomorphology lab (5.1.1). Martim Mas e Braga developed the wave tank exercise for the geomorphology lab (5.1.3) as well as the digital geomorphology laboratory exercise (5.2). Karna Lidmar-Bergström provided much feedback on the manuscript and provided invaluable insights into the section on large scale geomorphology (10) that helped improve it.

The shaded relief images are based on the GSD-Höjddata grid 2+ which is © Lantmäteriet (The Swedish Land survey). Coordinates for all locations are available in Google Earth .kmz-files located where the compendium can be downloaded.

1 Introduktion/Introduction

Detta kompendium innehåller övningar i geomorfologi och är tänkt att ge en bred bas i ämnet vid studier på grundnivå. Övningarna omfattar studier utomhus, i laboratorium samt digitala datorbaserade övningar. Övningarna kan utföras antingen enskilt eller i grupp. Det finns en fördel att jobba i grupp då resultaten kan diskuteras vilket ger ett mervärde i övningen.

För att kunna utföra övningarna kommer du att behöva några verktyg. Du kommer att behöva använda en kompass (Appendix B) för att mäta riktning på räfflor i berggrunden. Du kommer också att använda programvara på din egen dator för att utföra övningarna samt ha en aktiv internetuppkoppling.

I datorbaserade övningar kommer du att använda ett geografiskt informationssystem kallat QGIS. QGIS är en fri programvara som du kan ladda ned och installera på din egen dator. [Jansson \(2018b\)](#) ger en beskrivning av hur du använder QGIS i dessa övningar.

Med QGIS kommer du att analysera terrängformer genom att använda en terrängdatabas med 2 m upplösning. denna modell är skapad med hjälp av Lidarteknik. Artikeln av [Johnson et al. \(2015\)](#) ger dig bakgrund till tekniken.

Du kommer också att använda Google Earth Pro. Google Earth Pro kan du också installera på din dator. [Jansson \(2018a\)](#) ger en beskrivning av hur du använder Google Earth Pro i samband med övningarna.

This compendium contains exercises in geomorphology intended to provide a broad basis in the subject at the introductory level. The exercises comprises outdoor studies, laboratory studies as well as computer based studies. The exercises can be carried out individually or in a group. There is an advantage to working in a group because the results can be discussed which provide additional value to the exercises.

To execute the exercises you will need a few tools. You will need a compass (Appendix B) to measure directions of striations on bedrock. You will also use software on your own computer to execute the exercises and need an active internet connection.

In the computer based exercises you will use a Geographical Information System called QGIS. QGIS is an open, free software which you can download and install on your own computer. [Jansson \(2018b\)](#) provides a description of how you use QGIS in these exercises.

You will analyse land forms through QGIS by using a terrain database with 2 m resolution. This database is created using Lidar technology. The article by [Johnson et al. \(2015\)](#) provides background for the technique.

You will also use Google Earth Pro. Google Earth Pro can also be installed on your computer. [Jansson \(2018a\)](#) provides a description on how to use Google Earth Pro in conjunction with the exercises.

2 Topografiska kartor/Topographic maps

2.1 Dragning av höjdkurvor/Map contouring

De två figurerna nedan av höjdmätningar för att göra en topografisk karta. I första figuren är mätningarna slumpmässigt fördelade medan de i den andra är inhämtade i ett systematiskt mönster. Skapa din egen topografiska karta genom att för hand dra höjdkurvor med 10 m ekvidistans med utgångspunkt från höjdangivelserna. Använd blyertspenna då du kan komma att vilja revidera ditt arbete innan kartan är färdig.

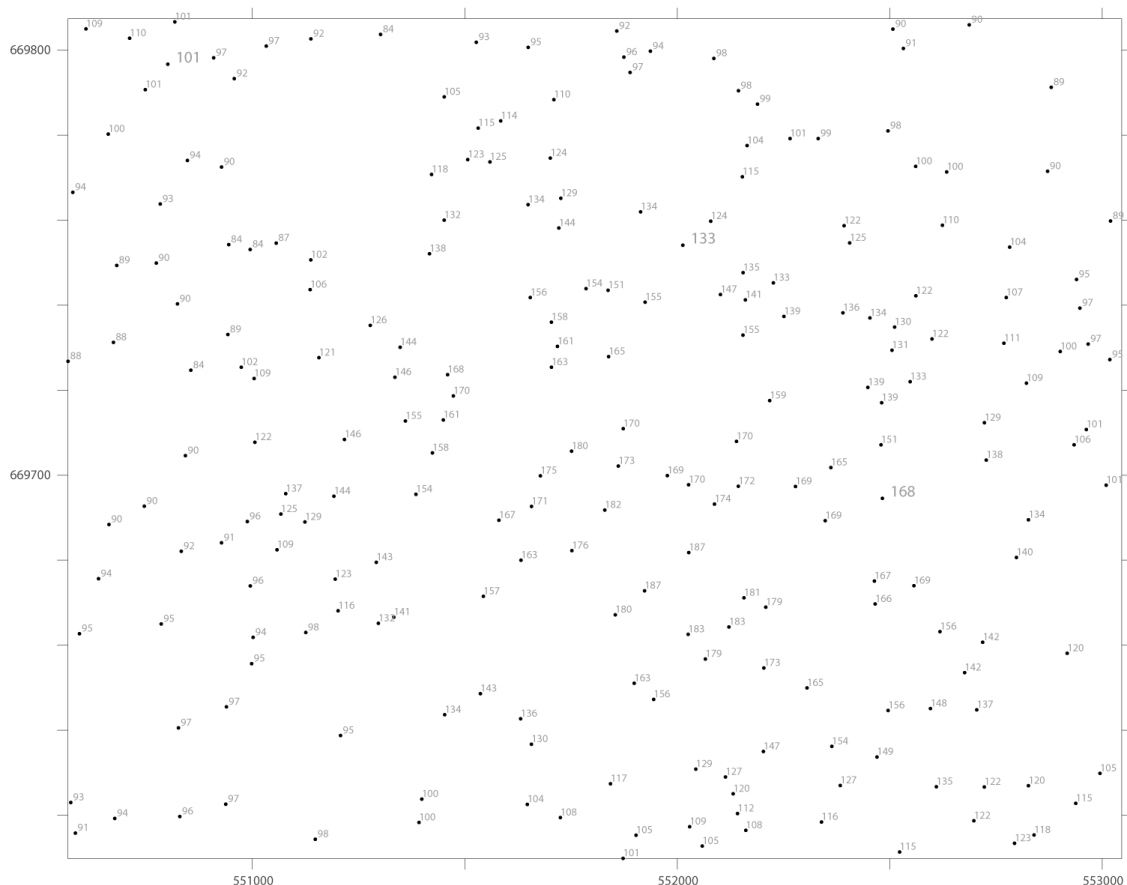
Författa en kort rapport över din kartering genom att svara på följande frågor

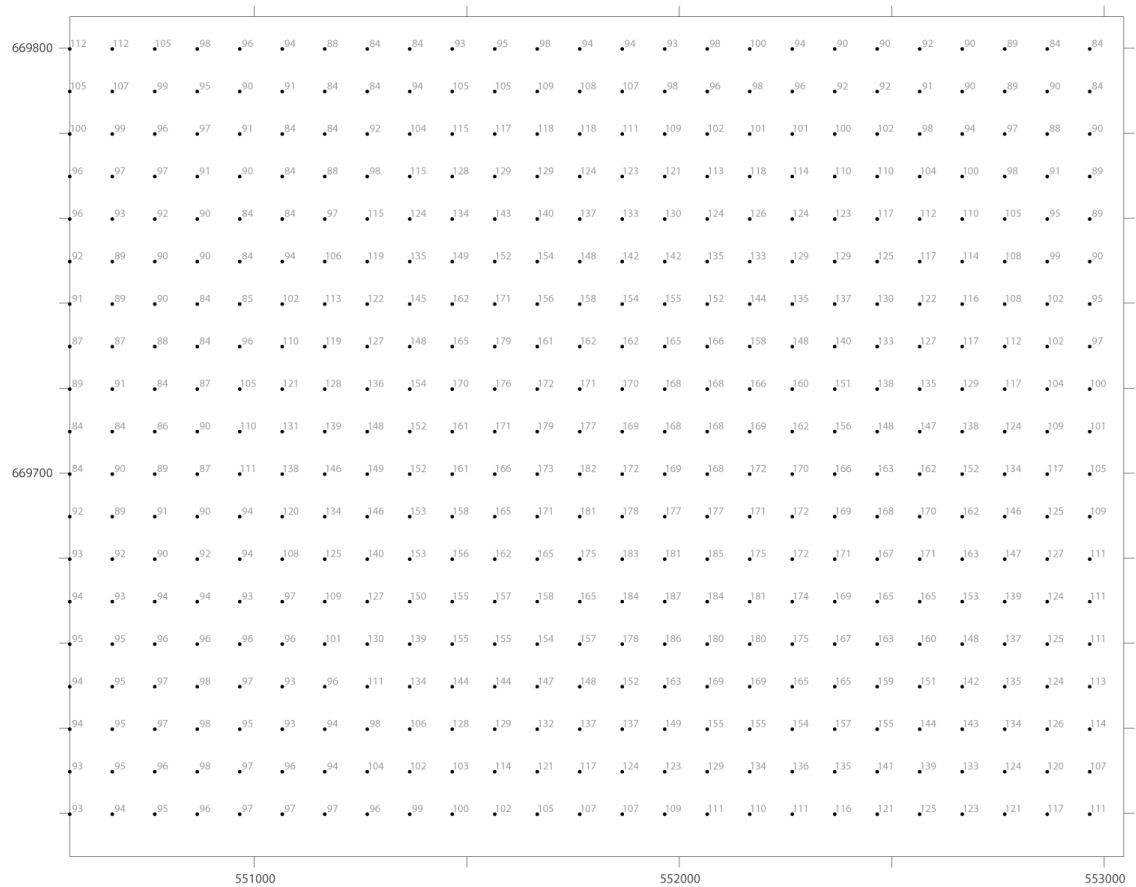
1. Hur angrep du kurvritningen?
2. Hur gick dina tankar?
3. Vad upplevde du som svårt?
4. när du jämför kartorna, skiljer de sig?
5. Om de skiljer sig hur och varför?
6. Rita upp en höjdprofiler från båda kartorna mellan övre högra och nedre vänstra hörnet. Skiljer de sig åt? Kommentera ditt resultat

The two figures below consist of measurements for making a basic topographic map. In the first figure the measurements have been made randomly whereas they were collected in a regular grid in the second. Use the elevations listed in the figures to create your own topographic maps of the area by drawing 10 m elevation contours. Use a pencil since you may wish to revise your work before completing the map.

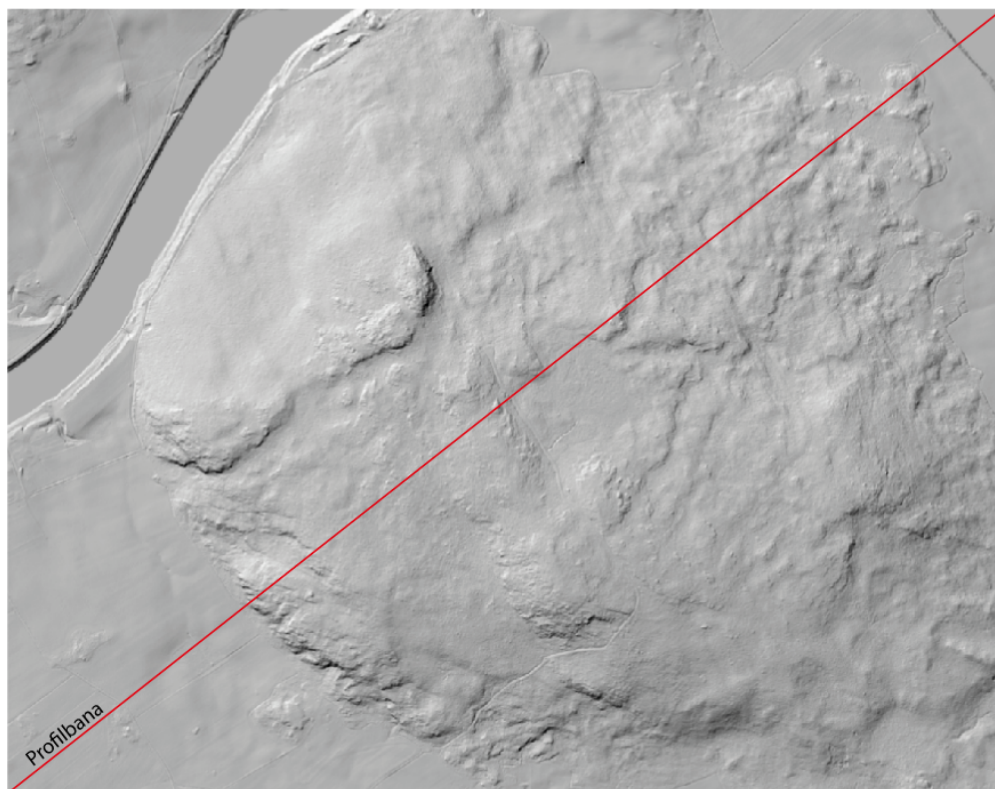
Provide a brief report on your mapping by answering the following questions

1. How did you approach the contouring?
2. What were your thoughts?
3. What did you find difficult?
4. When you compare the maps, do they differ?
5. If they do how and why?
6. Draw elevation profiles from both maps between the upper right and lower left corners. Do they differ? Comment on your results.





2.2 Digitala kartor/Digital maps



Anstaberget N om Hedemora

Ladda ned *Anstaberget.zip*. Zippa upp innehållet på din dator och öppna QGIS-projektfilen i foldern *Anstaberget*, *Anstaberget.qgz*, i QGIS. Detta kommer att visa dig en karta över det område du just karterat för hand. I nedre vänstra hörnet av QGIS ser du de lager som bygger upp kartan. Du kan tända och släcka lagren genom att klicka i boxen bredvid lagret. Notera att det finns ett lager som innehåller den topografiska kartan över området (OBS denna visar 5 m höjdkurvor) och ett lager som innehåller höjdkurvor skapade från den digitala höjdmodellen som också är del av GIS-projektet.

1. Hur jämförbara är topografiska kartans och terrängmodellens höjdkurvor jämfört med de du själv dragit i övningen ovan?
2. Vad är dina reflektioner när du jämför de olika höjdräsningsarna?
3. Använd profilverktyget och skapa en profil mellan övre högra och nedre vänstra hörnet (röd linje i figuren ovan) samt jämför denna med dina profiler i förra övningen. Slutsats?
4. Vilken karta är bäst? motivera?

Download the *Anstaberget.zip* file. Unzip the content on your computer and open the QGIS project file *Anstaberget.qgz* in the folder *Anstaberget* in QGIS. This will display a map of the area you have contoured. At the lower left of the QGIS display you will see the layers that make up this map. You can turn the layers on or off by clicking the square boxes next to each layer. Note that there is one layer that contains the topographic map of the area (Note this shows 5-m contours) and one layer that contains the elevation contours generated from the digital elevation model which is part of the GIS project.

1. How do the topographic map and elevation model contours compare to your map from the exercise above?
2. What are your reflections when comparing the different contouring?
3. Use the profile tool and create a profile between the upper right and lower left corners (red line in the figure above). Compare this profile with the profiles from the previous exercise. Conclusion?
4. Which map is best? Why?

3 Vittring/Weathering

3.1 Postglacial ytvittring/Post-glacial surface weathering

I denna övning skall vi studera ytvittring på berghällar i Frescati. Vittring är en process som kräver tid. I Sverige lever vi med isostatisk landhöjning vilket betyder att hållar nära eller vid havsytan inte utsatts för speciellt mycket ytvittring medan hållar högre upp i terrängen gradvis utsatts för mer vittring allt eftersom de varit exponerade för luften. I den här studien skall du mäta ytvittring med en s.k. *Schmidthammare*. Principen kommer att vara att graden av ytvittring ökar med höjden eftersom tiden hållarna varit exponerade för ytvittring blir längre ju högre upp i höjd vi kommer.

En Schmidthammare är en enkel apparat som i princip mäter rekylen när en fjäderbelastad vikt träffar en yta. Principen är att ju hårdare ytan är desto större blir rekylen. En vittrad yta ger lägre värden därför att ytvitringsmaterial gör ytan relativt mjukare. Graden av ytvittring kan därför ses som olika mätvärden i Schmidthammaren. Värdena kan kalibreras men vi kommer att använda dem som relativa. [Matthews and Shakesby \(1984\)](#) har beskrivit hur en Schmidthammare kan användas inom geomorfologin.

Mätningarna går till så att ett antal berghällar väljs ut från nära havsytan upp till högre höjd på en bergkulle. Antalet platser bör vara åtminstone 4 och väl utspridda i höjd. Registrera så noggrant du kan var varje plats är i terrängen med hjälp av en GPS så att du kan ta reda på vilken höjd över havet platsen ligger på från en karta. På varje plats görs 15 mätningar med Schmidthammaren. Anteckna alla värden. Om du vill ha säkerhetskopia kan du använda en mobilkamera och fotografera av Schmidthammarvärdena för varje mätning. Med dessa värden kan du beräkna medelvärdet för varje plats.

När mätningen i fält är klar kommer du att ha data som anger hur högt över havet varje plats ligger samt vilket medelvärde för hårdheten (relativa ytvitringsgraden) som gäller för den platsen. Du kan då skapa ett punktdiagram i t.ex. Excel så att du på x-axeln har ytvitringsvärdet för platserna och på y-axeln har höjden över havet. Nu kan du svara på följande frågor:

1. Hur ser förhållandet ut mellan ytvitringsvärde och höjd (tid)? systematiskt/ej systematiskt? Linjärt/ickelinjärt?
2. Varför ser det ut som det gör?
3. Kan du tänka dig några problem i metodiken som vi inte tagit hänsyn till?
4. Med hjälp av kunskapen att landhöjningen i Stockholm är c:a 5 mm/år och att detta värde varit relativt konstant på senare tid, konvertera platsernas höjd över havet till en ålder och skapa ett diagram över ytvitringsvärde kontra ålder.

In this exercise we will study surface weathering on bed-rock outcrops in the Frescati area. Surface weathering is a process that requires time. In Sweden we experience isostatic uplift which means that rock outcrops at or near sea level have not been subject to much weathering whereas outcrops at higher elevations tend to be more weathered since they have been exposed to the atmosphere for longer. In this study you will measure surface weathering with a so-called *Schmidt-hammer*. The principle will be that the degree of surface weathering increases with elevation since the time the outcrops have been exposed for surface weathering becomes longer with increasing elevation.

A Schmidt-hammer is a simple tool which measures the recoil of a spring-loaded weight as it impacts on a surface. The principle is that the recoil becomes larger with surface hardness. A surface weathered surface yields lower values because the surface weathering products make the surface softer. The degree of surface weathering can therefore be seen as different values on the Schmidt-hammer. The values can be calibrated but we will use them in a relative sense. [Matthews and Shakesby \(1984\)](#) have described how the Schmidt hammer can be used in geomorphological studies.

The measurements are carried out by selecting a number of outcrops from near sea level to the top of a hill. The number of outcrops should be at least four and well spaced in elevation. Register the coordinates for each outcrop you visit with a GPS so that you can determine its elevation from a map. At each outcrop take notes of any observations you make which might be important to interpreting the results, you may even wish to take photographs. Make at least 15 measurements with the Schmidt-hammer at each outcrop. Note all values in a notebook. If you want backup, you could use your mobile camera to take a picture of each of the Schmidt-hammer readings. You should then calculate the average value for each site. Once you have completed measurements at four outcrops (you may do more if time allows) enter all your data (not only the averages) into the excel spreadsheet.

When the measurement in the field is completed you will have data that shows the elevation of each outcrop and the average hardness (relative degree of surface weathering) at each site. You can now create a scatter plot in, for example, Excel so that the x-axis shows the hardness and the y-axis shows elevation. Now answer the following questions.

1. What is the relationship between surface weathering and elevation (time)? Systematic/not systematic? Linear/non-linear?
2. Why does the data look the way it does?
3. Can you think of any problems in the methodology that we have not considered?
4. With the knowledge that the isostatic uplift is approximately 5 mm/yr in Stockholm and that this value is

close to steady in more recent times, convert the elevations of the outcrops to an age and create a new plot with degree of surface weathering versus age.

3.2 Inselberg/Inselberg

Använd Google Earth Pro och besök bergen Uluru och Kata Tjuta i Australien.

Koordinater:

Uluru (−25.344 10°N, 131.034 31°O)

Kata Tjuta (−25.297 98°N, 130.737 94°O)

Artikeln skriven av [Twidale and Bourne \(1975\)](#) ger dig ytterligare information om inselberg.

1. Använd profilverktyget för att titta på bergens förhållande till omgivningen. Beskriv vad du ser.

Use Google Earth Pro to visit Uluru and Kata Tjuta in Australia.

Coordinates:

Uluru (−25.344 10°N, 131.034 31°E)

Kata Tjuta (−25.297 98°N, 130.737 94°E)

The article by [Twidale and Bourne \(1975\)](#) provides additional information on inselbergs.

1. Use the profile tool to investigate the relationship between the mountains and their surroundings. Describe what you see?

3.3 Exfoliationsdom/Exfoliation dome

Använd Google Earth Pro och besök berget Enchanted Rock i Texas, USA.

Koordinater: (30.505 677°N, −98.818 356°O)

Artikeln av [Wakasa et al. \(2006\)](#) ger mer information om exfoliationsprocessen.

1. Beskriv vad du ser.

Use Google Earth Pro to visit Enchanted Rock, TX, USA.

Coordinates: (30.505 677°N, −98.818 356°E)

The article by [Wakasa et al. \(2006\)](#) provides more information on the exfoliation process.

1. Describe what you see?

3.4 Etsning och strippning/Etching and stripping

Använd Google Earth Pro och besök Joshua Tree National Monument, CA, USA.

Koordinater: (33.986 997°N, −116.013 734°O)

Artikeln av [Strudley et al. \(2006\)](#) beskriver hur formationerna i Joshua Tree skapats.

1. Beskriv vad du ser. Använd fotografierna i Google Earth Pro

Use Google Earth Pro to visit Joshua Tree National Monument, CA, USA.

Coordinates: (33.986 997°N, −116.013 734°E)

The article by [Strudley et al. \(2006\)](#) describes how the formations in Joshua Tree were produced.

1. Describe what you see? Use the photographs in Google Earth Pro.

3.5 Slukhål, uvala, polje och ponor/Sinkhole, uvala, polje and ponor

Använd Google Earth Pro och besök (1) Crveno Jezero i Kroatien, (2) en karstrik platå nära Konjic i Bosnien-Herzegovina och (3) Lassithi Polje på Kreta. Crveno Jezero är världens största slukhål.

Koordinater:

Crveno Jezero (43.454 754°N, 17.199 316°O)

Konjic (43.662 483°N, 18.090 303°O)

Lassithi Polje (35.182 148°N, 25.469 094°O)

1. Beskriv vad du ser på de olika platserna.
2. Använd internet för att hitta vetenskaplig information kring hur slukhål, uvala, polje och ponor skapas. Vad har du funnit?
3. (Lassithi) Följ dräneringen som passerar bron vid punkten (35.192 330°N, 25.432 165°O). Åt vilket håll sker dräneringen? Var tar vattendraget vägen?

Use Google Earth Pro to visit (1) Crveno Jezero in Croatia, (2) a karst-rich plateau near Konjic in Bosnia-Herzegovina and (3) Lassithi Polje on Crete. Crveno Jezero is the largest sinkhole in the world.

Coordinates:

Crveno Jezero (43.454 754°N, 17.199 316°E)

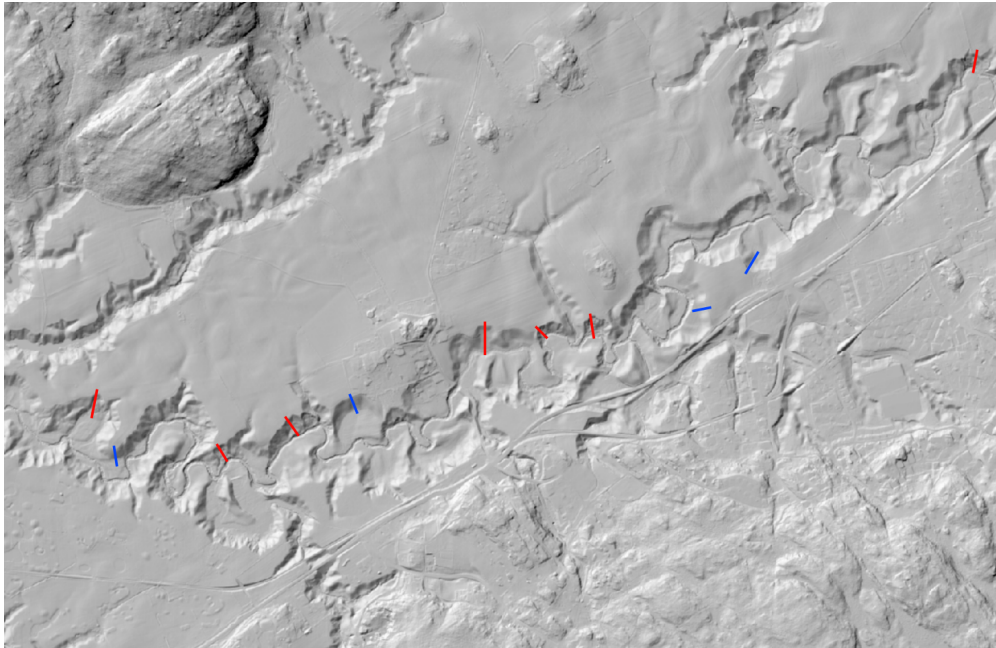
Konjic (43.662 483°N, 18.090 303°E)

Lassithi Polje (35.182 148°N, 25.469 094°E)

1. Describe what you see at the different locations.
2. Use the internet to find scientific information for how sinkholes, uvalas, poljes and ponors form. What do you find?
3. (Lassithi) Follow the drainage that passes the bridge at the point (25.432 157°N, 25.432 157°E). Which way does the river flow? Where does the river go?

4 Sluttningsprocesser/Slope processes

4.1 Skred och ravinbildning/Land slides and ravine formation



Lat,Lon: 57.799188, 12.143976; Sweref99 TM: 330530, 6410091

Bilden ovan visar ett område nära Olofstorp NO om Göteborg. Längs ett mindre vattendrag har ett flertal skred skapat en större dalgång där vattendraget rinner fram. Det finns också ett flertal raviner i området.

1. Öppna kartverktyget som [SGU \(Sveriges geologiska undersökning\)](#) skapat i en webbläsare. När du kommer in i kartfunktionen behöver du öppna lagermenyn i övre högra hörnet av kartan (tre horisontella linjer) och kan aktivera terrängskuggning. Du ser nu hur SGU karterat såväl skred som ravinbildning i området.
2. Gör profilmätningar genom sluttningar som karterats som skredärr och sådana som inte karterats som sådana. Kan du hitta några skillnader? Jag har markerat några sluttningar du kan börja studera med blå och röda linjer.
3. Gör profilmätningar tvärs några karterade ravinbildningar i området. Hur ser dessa sluttningar ut jämfört med de andra sluttningarna?
4. Kan du dra några slutsatser av dina observationer?

The image shows the area near Olofstorp NE of Gothenburg. Along a small river, numerous landslides have helped create a large valley around the water course. There are also a number of ravines in the area.

1. Open the map tool made by the [SGU \(Swedish Geological Survey\)](#) When you are in the map tool you need to open the layer menu in the upper right corner of the map area (three horizontal lines) and activate the hill shading. You now see how SGU has mapped both land slide scars and ravines in the area.
2. Make profile measurements through the mapped slide scars as well as slopes not mapped as slide scars. Can you see any differences? I have added lines in blue and red on a few slopes where you can start your observations.
3. Make profile measurements across some of the ravines in the area. How do these slopes compare with the other slopes?
4. Can you draw any conclusions from your observations?

4.2 Bergras/Rockfall

Använd Google Earth Pro för att besöka ett ras i området Canyonlands, Utah, USA. Undersök raset med hjälp av verktygen i Google Earth Pro.

Koordinater: (38.367 289°N, -109.985 454°O)

1. Använd profilverktyget i Google Earth Pro för att etablera en profil över raset. Hur tolkar du profilen du ser?
2. Hur många m hög är den vertikala delen av profilen? (notera att höjdmodellen i Google Earth Pro är rätt

Use Google Earth Pro to visit a rockfall in the Canyonlands, Utah, USA. Investigate the rockfall using the profile tool in Google Earth Pro.

Coordinates: (38.367 289°N, -109.985 454°E)

1. Use the profile tool in Google Earth Pro to establish a profile of the rockfall. How do you interpret the profile you see?
2. How many m high is the vertical part of the slope? (Note that the elevation model in Google Earth Pro is

grov).

3. Titta runt i omgivningarna. Hur ser sluttningarna ned mot vattendraget ut?

4.3 Talus/Talus

Använd Google Earth Pro för att besöka Graubünden, Schweiz, och en sluttning med taluskoner. Undersök talusluttningen med hjälp av verktygen i Google Earth Pro. Koordinater: (46.570 108°N, 10.326 694°O)

1. Använd profilverktyget i Google Earth Pro för att etablera en profil över talusen. Vad karakteriserar profilen du ser?
2. Titta runt i omgivningarna. Hur ser sluttningarna ut i omgivningen?

crude).

3. Look at the surroundings. What characterises the slopes surrounding the water course.?

Use Google Earth Pro to visit Graubünden, Switzerland, and a slope with talus cones. Investigate the talus slope using the profile tool in Google Earth Pro. Coordinates: (46.570 108°N, 10.326 694°E)

1. Use the profile tool in Google Earth Pro to establish a profile of the talus. What characterises the profile you see?
2. Look at the surroundings. What characterises the slopes in the surroundings?

4.4 Skred/Landslide

Använd Google Earth Pro för att besöka skredet i Oso, Washington, USA. Undersök skredet med hjälp av verktygen i Google Earth Pro.

Koordinater: (48.283 653°N, -121.849 002°O)

Artikeln av [Wartman et al. \(2016\)](#) beskriver bakgrunden till Oso-skredet.

1. Använd profilverktyget i Google Earth Pro för att etablera en profil över skredet i rörelseriktningen från ovan skredärr till nedan skredets utsträckning. Hur tolkar du profilen du ser?
2. Uppskatta skredärrs storlek (i km² eller m²).
3. Uppskatta vilken yta skredet täckt (i km² eller m²).

Use Google Earth Pro to visit the landslide at Oso, WA, USA. Investigate the landslide using the profile tool in Google Earth Pro.

Coordinates: (48.283 653°N, -121.849 002°E)

The article by [Wartman et al. \(2016\)](#) provides the background to the Oso slide.

1. Use the profile tool in Google Earth Pro to establish a profile across the slide from above the slide scar to below the toe of the slide. How do you interpret the profile you see?
2. Estimate the size of the landslide scar (in km² or m²).
3. Estimate the size of the landslide deposits (in km² or m²).

5 Fluvial landforms and processes

5.1 Geomorfologiska laboriet/Geomorphological laboratory

Laborationen består av tre stationer, den lilla rännan, den stora rännan och vågtanken. Du kommer att besöka alla tre stationerna för att göra observationer som medger att du kan svara på frågor som hör till respektive del. Mot slutet av laborationen kommer du att diskutera resultaten med övriga deltagare i laborationen.

The laboratory consist of three stations, The small flume, the large flume and the wave tank. You will visit all three stations (spending 40 mins at each) and make observations that will allow you to answer questions associated with these stations. At the end of the laboratory you will discuss the observations with all groups participating in the laboratory.

5.1.1 Laboration med 2,5 m laboratorieränna/laboratory with the 2.5 m laboratory flume.

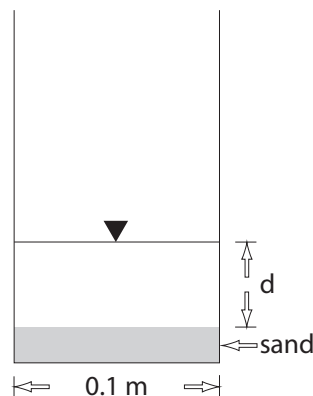


Figure 1. Geometrin i den lilla rännan som du behöver använda i experimentet./The geometry of the small flume, which you need to use in the experiment.

1. Återställ sedimenten i rännan
 2. Den lilla rännan har en enkel geometri och du behöver mäta vattendjup i samband med att du gör vissa mätningar (Figur 1).
 3. Mät den representativa vattenföringen q för den första delen av experimentet. Vattenhastigheten är kopplad till vattenföringen genom vattendragets tvärsnittsarea som $q = vA$ där v är hastigheten och $A = dw$ är tvärsnittsarean, w är bredden på rännan.
Använd en hink med känd volym och ett stoppur för att mäta hur mycket tid som behövs för att fylla den. Denna mätning ger dig vattenföringen i $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$.
 4. Studera hur sedimentet transporteras genom glidning, rullning och saltation av individuella korn. Skriv ned dina observationer.
Tips! Har du en mobilkamera med slow motion möjlighet kan du spela in en sekvens för att i detalj kunna se processerna i detalj.
 5. Öka vattenföringen gradvis och studera vad som händer i rännan. Vad kan du se? Gör vattenföringsmätningar vid ett par kritiska vattenflödesmängder där du kan observera förändringar. Beräkna vattenhastigheterna för varje situation och använd Hjulström-Sundborg-diagrammet (Figur 2) för att utvärdera förhållandena i rännan. Skriv ned dina observationer.
VIKTIGT! Vid högre hastigheter (nära fullt flöde) är flödet mycket högt och kan orsaka att vattnet missar
1. Reset the sediments in the flume.
 2. The small flume has a simple geometry and you need to measure water depth d in conjunction with some other measurements you make. (Figure 1).
 3. Measure the discharge q representative for the first part of the experiment. The water velocity is related to the discharge through the cross sectional area as $q = vA$ where v is the water velocity and $A = dw$ is the cross-sectional area, w is the width of the flume.
Use a bucket with known volume and a stop clock to measure how much time is needed to fill the bucket. This measurement will give you the discharge in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$.
 4. Study sediment transport, sliding, rolling, saltation of individual grains. Write down your observations.
Hint! If you have a smart phone with slow motion capability, you can record a sequence to study the processes in detail.
 5. Increase discharge slowly and study what happens in the flume. What can you observe? Make discharge measurements at a couple of critical flow rates where you observe changes. Calculate the flow velocities for each situation and make use of the Hjulström-Sundborg curve (figure 2) to evaluate the conditions in the flume. Write down your observations.
IMPORTANT! At higher velocities (valve near fully open) the water discharge is strong and can overshoot the box. Please place an additional bucket to catch any overshoot.

- uppsamlingskärlet. placera en andra hink så att eventuellt spill samlas upp.
6. Sänk flödet till något liknande början av experimentet. Lägg i en eller flera platta stenar för att studera processerna som skapar imbrikation. Skriv ned dina observationer.
 7. Studera principen för deltauppbbyggnad och struktur (top fore and bottomset). Beskriv dina observationer av process och form.

6. Lower flow rate to something similar to the start of the experiment. Insert one or more flat stones to view the process responsible for imbrication. Write down your observations.
7. Study 'delta' buildup and structure (Top fore and bottom sets). Describe your observations of the processes and form.

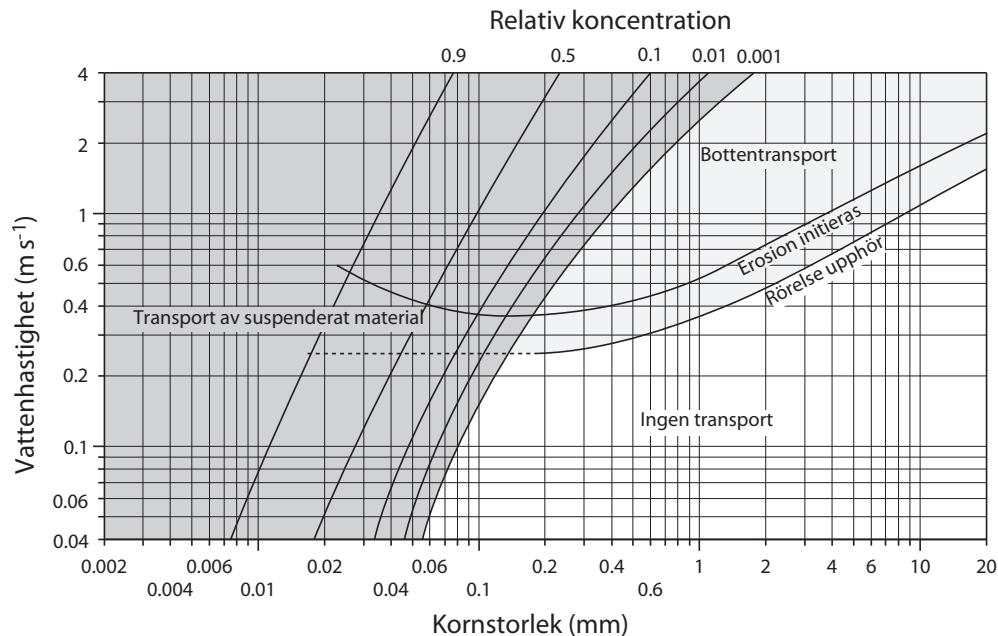


Figure 2. Diagram över sambandet mellan vattnets strömningshastighet, sedimentets kornstorlek och dess transporttillstånd. Materialet antages vara välsorterat och ha en densitet av 2.65 Mg m^{-3} . Strömshastigheten uppmätt 1 m ovanför botten. Linjerna för relativ koncentration anger genomsnittskoncentrationen suspenderat material i förhållande till koncentrationen nära botten. Diagrammet hämtat från Sundborg (1956)./Diagram showing the relationship between grain size, water velocity and sediment transport conditions. The material is assumed to be well sorted and have a density of 2.65 Mg m^{-3} . The velocity is measured 1 m above the bed. The lines for relative concentration show the average concentration of suspended material in relation to the concentration at the bed. The diagram is modified after Sundborg (1956).

5.1.2 Stor ränna/Large flume

I den stora rännan kan du studera flödet i vattendrag samt erosions och depositionsprocesser. Modifiera vattendraget i den övre delen av ränna som du vill för att studera dessa processer. Det finns en rad nyckelpunkter att studera:

- Studera hur erosion och deposition sker i ett böjt (meandrande) vattendrag. Vad ser du? skissa processerna du kan se i en meander
- Studera hur sedimenten på botten ser ut. Kan du se några systematiska mönster? Förklara
- Vilka typer av former kan du se i vattendraget?
- Ett delta utvecklas i den djupare delen av rännan. Vad kan du observera när det gäller processerna som bygger upp ett delta? vad händer när du ändra flödet ut på deltat?

VIKTIGT! Basen på pumpen måste alltid vara täckt av vatten, den kan annars skadas. Var därför noggrann med

In the large flume you can study river flow, erosion and deposition. Feel free to modify the stream channel in the upper half of the flume to enable you to study these processes. There are a number of key aspects to look for:

- Study how erosion and deposition occurs in a curved (meandering) stream. What do you observe? Sketch the processes you see occurring at a meander.
- Study the sediment on the bed occurs. Can you observe any systematic patterns? Explain.
- What type of bedforms can you observe in the stream?
- A delta will be built at the lower end of the large flume. What can you observe concerning delta building processes. What happens when you change the stream flow into the delta?

IMPORTANT: The base of the pump must always be covered by water, otherwise it is easily damaged. Please be vigilant at checking there is sufficient water in the pumping

att kontrollera att det alltid finns tillräckligt med vatten i tanken där pumpen står.

5.1.3 Vågtank/Wave tank

Inför experimentet: använd en whiteboard-märkpenna till att rita en profil av stranden på tankens glasvägg och markera var havsytan möter strandprofilen. Jämför denna med strandprofilen mot slutet av experimentet för att se om några förändringar har skett vid vågtankens sida. Glöm inte att torka bort dina markeringar innan du avslutar experimentet och nästa grupp tar över. Alternativt kan olika grupper i övningen använda olika färger.

Med vågor som slår snett in mot stranden, studera hur sedimenttransporten sker när varje enskild våg slår mot stranden. Rör sig sedimentet i samma riktning när vågen slår in mot stranden som när vågen retirerar? Vad händer efter att vågor slagit in mot stranden i samma riktning ett tag? Kan du förutspå vad som skulle hända efter en mycket längre tidsperiod?

Låt oss försöka hindra att vår strand eroderas bort innan det är för sent. Placera tegelstenar så att de hindrar sedimenttransporten och vänta några minuter (tänk på hur du hindrar transport och vågor från den översta delen av stranden till de djupare delarna). Vilka skillnader kan du se på sidorna av ditt erosionshinder, var detta ett effektivt erosionsskydd? Du kan se ett verkligt exempel på effekten av att bygga liknande hinder i Google Earth: (−3.706 639°N, −38.555 194°O)

Ändra orienteringen på vågmaskinen så att vågorna slår in vinkelrätt mot stranden. Hur sker sedimenttransporten när vågorna slår in mot stranden? Hur förändras strandlinjen?

På olika platser vill befolkningen skydda sig mot att stora vågor slår mot stränderna och bygger därför vågbrytare. Använd tegelstenar för att bygga din egen vågbrytare och se hur sedimenttransporten ändras på den skyddade delen av stranden (observera att avståndet mellan vågbrytare och strand kan påverka resultatet radikalt). Vad händer i det skyddade området?

Avlägsna en del av sedimenten bakom vågbrytaren och låt vågorna slå in mot stranden en stund. Hur effektiv var din "strandåtgärd"?

Försök att förklara varför dessa förändringar sker på en strand med hjälp av dina observationer av sedimenttransport och förändringar i stranden. Du kan se ett verkligt exempel i Google Earth: (−7.943 000°N, −34.823 806°O)

Om du har tid över kan du ändra våggeneratoren så att vågorna slår in snett mot stranden igen och studera hur transporten och stranden förändras.

tank at all times.

Before starting: use a whiteboard marker to draw the beach profile on the glass wall and mark where the sea level is on the shoreline. Compare it to the beach profile by the end of the exercise to see if there were any significant differences at the edge of the wave tank. Do not forget to erase it before the next group comes, or use different colours for each group!

With the waves hitting the coast in a 'diagonal' direction, look at the sediment movement when each wave hits the shore. Do sediments go to the same direction when the wave hits and when it retreats? What happens after a prolonged amount of time that the waves have been hitting the shore from this direction? Can you predict what would happen after a very extensive amount of time?

Now let us try to prevent our beach from being eroded away before it is too late! Place the bricks so that they block the sediment transport and wait for a few minutes (think about how to block the transport and waves from the highest point on the beach to the deeper area). What differences can you see on both sides of your structure? Was it effective on fighting erosion? You can see a real life example on the outcomes of building such structures on Google Earth: (−3.706 639°N, −38.555 194°E)

Change the orientation of the wave generator so that it is parallel to the coast. How is the sediment transport now when the waves hit the beach? How did the shoreline adjust?

In some cities people like to be protected from strong waves at the shoreline. They do so by constructing 'wave breakers' in specific spots. Use the bricks once again to build your own 'wave breaker' and see how the sediment transport direction changes on the protected area on both sides (note that the proximity to the shore itself can have a significant impact on the results!). What happens to the protected area?

Now try to remove some of the sediment behind it and let the waves crash for a few minutes. How effective was your 'beach maintenance'?

From your observations of the sediment transport directions and the changes on the shoreline, try to explain why these changes on the beach occur. You can see another real life example on Google Earth: (−7.943 000°N, −34.823 806°E)

If you have some time left, combine the inclined wave incidence with the breakers and see how the sediment transport and the shoreline change!

5.2 Digital geomorfologilaboration/Digital geomorphology laboration

För varje övning finns en eller ett par videofilmer. Titta på filmerna innan du försöker besvara frågorna så att du får en uppfattning om vad som sker. Efter att du tittat på relevant filmklipp studera frågorna och titta på filmen igen. Du kommer troligen att behöva titta på filmerna fler

For each set of questions, one or two videos are provided. Watch them before attempting to answer the questions to get a sense of what is happening. After watching the video, read the questions and watch the video again. You will probably need to watch each video several times

gånger medan du svarar på frågorna. Du kan behöva pausa filmen vid olika tillfällen, gå tillbaka och t.o.m. ändra på uppspelningshastigheten så att du ser vad som händer i ultrarapid. För att sakta ned filmen klicka på inställningsknappen (kugghjulet i nedre högra hörnet av videofönstret) och välj "Playback speed" (Fig. 3). Ju mindre siffra du väljer, ju långsammare går filmen.

while answering the questions. You might need to pause at certain times, go back, and even change the playback speed so that you can see the events in slow motion. To slow down a video, click on the settings button (i.e., the cogwheel icon on the lower right of the video), and select 'Playback speed' (Fig. 3). The smaller the number you select, the slower the video is played.



Figure 3. Exempel som visar inställningsfönstret i nedre högra hörnet av videofönstret där uppspelningshastigheten kan justeras (i % av normal hastighet)./Example showing the settings pane in the lower right corner where playback speed can be adjusted (in % of normal speed).

5.2.1 Lilla rännan/Small flume

[Klicka här för att visa lilla rännan-videon/Click here for the small flume video](#)

Denna video visar en liten ränna där vatten flödar från vänster till höger. Du kan se ett hinder i mitten som fungerar som barriär mot sedimenttransporten vilket ger ackumulation uppströms. Flera intressanta processer kan ses men vi skall fokusera på de som berör denna övning. I grunden kan videon delas in i tre delar av experimentet:

0:00–0:25 Stadium 1: rännan fylls med vatten vilket gör vattendjupet större med tiden.
0:25–1:10 Stadium 2: vattennivån hålls konstant.
1:10–1:20 Stadium 3: vattennivån sänks i nedströmsändan vilket tillåter sedimenten att transporteras bort.
etc.

1. Under stadium 1 och 2 observera hur sediment transporteras på vänstra respektive högra sidan av rännan. Du kan sakta ned videon för att bättre se vad som sker. Var ser rullning, Hur är det med saltation? Skriv ned dina observationer.
2. Under stadium 2 börjar sediment att deponeras nedströms hindret. Betänk att vattenflödet inte ändras över tiden, varför deponerades sediment på låsidan av hindret och inte tidigare? Använd Hjulström-Sundborg kurvan (Fig. 2) för att hjälpa dig förklara. Viktigt: Kom ihåg att vattenhastighet är relaterad till vattenflöde genom tvärsnittsarean som $q = vA$ där v

This video shows a small flume where water flows from left to right. You can see an obstacle in the centre that acts as a barrier to sediment transport, resulting in an accumulation upstream. While several interesting processes happen, we will focus on what is important for our exercise. In essence, there are three stages of this experiment:

0:00–0:25 Stage 1: the flume is being filled with water, making the depth of the water column increase with time.
0:25–1:10 Stage 2: the water level is kept constant.
1:10–1:20 Stage 3: the water level is lowered downstream, letting the sediments be transported away.
etc.

1. During stages 1 and 2, observe how sediment is transported on the left and on the right side of the flume. You can slow down the video to better observe it. Where does rolling occur? What about saltation? Write down your observations.
2. During stage 2, sediment starts depositing downstream of the obstacle. Considering that the water discharge does not change, why did sediment deposition happen on the lee side of the structure, and not before? Use the Hjulström-Sundborg curve (Fig. 2) to aid you in your explanation.

är vattenhastigheten, $A = dw$ är tvärsnittsarean med d vattendjupet och w rännans bredd.

3. Som ett resultat av depositionen under stadium 2 börjar ett delat bildas. Studera hur det byggs upp och dess struktur (top fore and bottom sets). beskriv dina observationer vad gäller process och form.
4. Studera stadium 3. Vilka ändringar kan du iaktta? Hur relaterar de till vad du observerade under fråga 2?

Important: Remember that water velocity is related to discharge through the cross sectional area as $q = vA$, where v is the water velocity, $A = dw$ is the cross-sectional area, and d is the water depth and w is the width of the flume.

3. As a result of this deposition, during stage 2, a delta is being formed. Study its buildup and structure (Top fore and bottom sets). Describe your observations of the processes and form.
4. Looking at stage 3, what changes do you observe? How do they relate to what was observed in question 2?

5.2.2 Stora rännan/Large flume

I två filmer visas experiment i en stor ränna, s.k. "stream table". I dessa experiment kan vi observera hur vattenflöde och vattenhastighet styr över vilka typer av fluviala former som skapas genom erosions och depositionsprocesser. Den första filmen är en presentation från en grupp studenter. Medan vissa saker kan vara intressanta att höra låt dig inte påverkas av det du hör sägas. Lägg märke till meandringen, vattenhastigheten och hur samt när regimen går från normalt flöde i en fåra till flätverksström. Fråga 3 kan besvaras med båda filmerna. Specificera med vilken film du gjort dina observationer. I den andra filmen beskriver en text steg för steg vilka ändringar som sker i rännan under experimentet.

In two videos, experiments with a 'stream table' are shown. In these experiments, you can see how water discharge and flow speed determine what types of fluvial landforms are formed from erosional and depositional processes. The first video is a presentation from a student group. While some things might be interesting to hear, do not let yourself be influenced by what they say. Pay attention to the meanders, the flow speed, and how/when the regime shifts from a normal to a braided stream. Question 3 can be answered with both videos. Please specify which video your observations refer to. In the second video, a text explains step by step which changes occur on the stream table during the experiment.

[Klicka här för filmen till fråga 1–3/Click here for the video for questions 1–3](#)



Figure 4. Stillbild från filmen för fråga 3–5/Snap shot from the video for questions 3 to 5.

1. Studera hur erosion och deposition sker i en böjd (meandrande) strömfåra. Vad kan du se? Ge en bild av processerna du ser i en meanderböj.
 - Tips: Titta på meandern i nedre högra delen av filmen mellan 0:40 och 1:00 samt nedströms björnen mellan 1:00 och 1:04. Jämför med samma meander i nedre högra hörnet vid 1:14.

1. Study how erosion and deposition occurs in a curved (meandering) stream. What do you observe? Sketch the processes you see occurring at a meander.
 - Tip: check the meander on the lower right of the video between 0:40 and 1:00, and downstream of the bear between 1:00 and 1:04. Also compare

2. Notera de olika färgerna på sedimentet i strömfåran. Kan du se några systematiska förändringar? Förklara (kom ihåg att olika färger står för olika kornstorlekar i filmen).

[Klicka här för att visa filmen till fråga 3–5](#)

3. Vilka former kan du observera i strömfåran?
4. Vad kan du observera när det gäller deltauppbyggnaden? Vad händer vid deltakanten när vattenflödet ändras? Flödar vattnet hela tiden på samma ställe?
5. Vilka är de största skillnaderna i deltauppbyggnad mellan höga och låga vattenflöden? Hur väl fördelas sediment längs deltat?

the same meander on the lower right corner now at 1:14

2. Pay attention to the different colours of sediment on the bed. Can you observe any systematic patterns? Explain (remember that different colours in the video mean different particle sizes).

[Click here for the video for questions 3–5](#)

3. What forms can you observe in the stream?
4. What can you observe concerning delta building processes? What happens at the delta's end when the stream flow into the delta changes? Does the discharge always happen in the same position?
5. What are the main differences in terms of delta formation between a high-discharge and a low-discharge river? How well distributed are the sediments along the delta?

5.2.3 Vågtank/Wave Tank

Denna film visar ett experiment där en våggenerator är placerad på höger sida i tanken i sned vinkel relativt kusten. Syftet är att analysera hur sediment transporteras genom processer som strandnära strömmar och hur landformer skapas som resultat av interaktionen mellan vågor och kust. Var uppmärksam i början av filmen där det visas hur experimentet filmades (så du förstår vad du ser när filmens hastighet accelereras). Notera också kornstorlekarna som identifieras med olika färger och som visas innan experimentet börjar. Fokusera på hur vågorna interagerar med kusten, hur sediment transporteras med strömmen och vad som händer med botten utanför kusten.

This video shows an experiment where a wave maker is placed on the right side of the tank, at an angle with the coastline. The objective is to analyse how sediment is carried away through a process that is called longshore drift, and how landforms are formed as a response to this wave-coastline interaction. Pay attention to the beginning of the video, where it is shown how the experiment was filmed (so you have a good idea of what you are looking at when the video accelerates). Also take note of the grain sizes according to their color, as shown before the experiment starts. Focus on how the waves interact with the coastline, how the sediments are carried downstream, and what happens with the bottom “offshore”.

[Klicka här för vågtandsfilmen/Click here for the wave tank video](#)



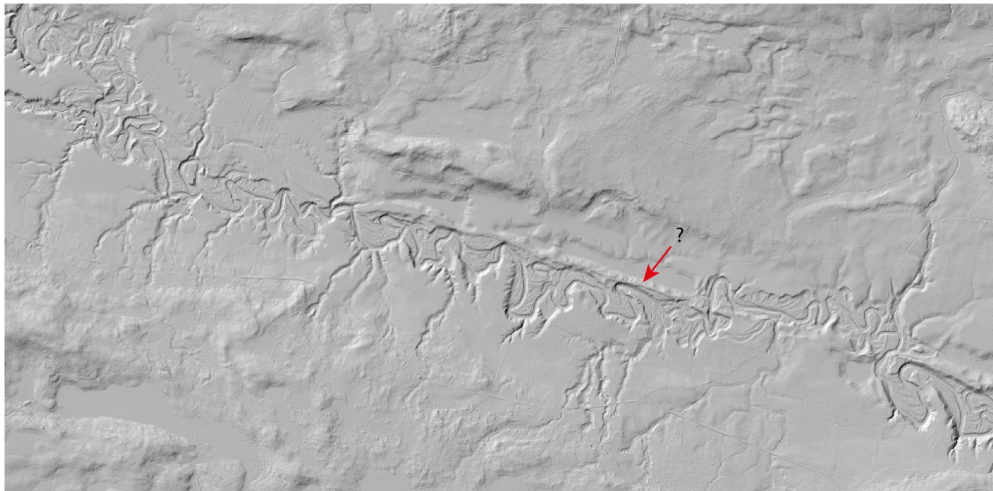
Figure 5. Stillbild av vågtanksvideon/Snap shot from wave tank video.

1. Vilken kornstorlek kan du se förflyttas mest? I vilken riktning sker det?

1. Which grain size can you see being displaced the most? Which direction are they going?

2. Bortsett från transporten så deponeras också sediment. Var kan du se detta ske?
 3. Var sker mest erosion? Kan du förklara varför? Var uppmärksam på var kusten retirerar snabbast.
 4. Vid ungefär 2:15 är en liten region i mitten av tanken skyddad från vågorna och en strandporre börjar bildas. Vad är det för storlek på sedimentkornen där detta sker?
 5. Beskriv hur denna initiiellt lilla depositionsform utvecklas över tid. Förflyttas den? Växer den i längd, bredd eller både och? I vilken riktning?
 6. Hur är formen kopplad till riktningen vågorna träffar kusten?
 7. Kan du förklara dess färg? (Obs., kom ihåg att färg relaterar till kornstorlek i sedimenten!)
 8. Mot slutet av filmen är kusten annorlunda orienterad än vid experimentets början. Kan du förklara orienteringsändringen? Varför är det en lite "buk" där sporrarna bildades?
 9. Slutligen, varför är det finaste kornstorlekarna koncentrerade på den nedre sidan av tanken? Beskriv andra intressanta företeelser du kan se "undervattenssidan" på tanken och hur de relaterar till riktningen på våggeneratoren.
2. Apart from being transported, sediments are also being deposited. Where can you see the sediment load increasing?
 3. Where most of the erosion is happening? Can you tell why? Pay attention to where the coast is retreating the fastest.
 4. At about 2:15, a small region at the center of the table is sheltered from the waves, and sand bars start to form. What is the size of the grains that form these structures?
 5. Describe how this (initially) small depositional feature evolves through time. Does it migrate? Does it grow in length, width, or both? Towards where?
 6. How does its shape relate to the direction that the waves are hitting it?
 7. Can you explain its color? (Obs.: remember that color is related to the sediments' grain size!)
 8. By the end of the video, the coastline orientation is very different from the start. Can you explain why it changes to this orientation? Why is there a small 'bay' where the sand bars were formed?
 9. Finally, why is the finest sediment all concentrated in the lower side of the tank? Describe other interesting features you see on the 'below water' part of the wave tank, and how they relate to the direction of the wave maker.

5.3 Meandering/Meandering



Lat,Lon: 61.953315, 16.391410; Sweref99 TM: 573331, 6869677

Du har en karta över vattendraget Svågan och dess meandrar. Studera kartan noggrant med avseende på de fluviala landformer du kan identifiera i dalgången. Lös följande uppgifter:

1. Finns det inaktiva fluviala sträckor (fyllda med vatten men inte kopplade till vattendraget)?
2. Finns det tecken på äldre fluviala sträckor som idag är torrlagda?
3. Sök upp rapporten av [Klint \(1959\)](#). Kan du lokalisera hur den gamla karteringen och ditt utsnitt från terrängdata överlappar? Finns det skillnader i vattendragets lopp?
4. Vad är landformen vid "?" i figuren?

You have a map over the river Svågan and its meanders. Carefully study the map and identify fluvial landforms you can observe. Solve the following tasks:

1. Are there inactive river stretches (water filled but not connected to the main river)?
2. Are there signs of older dry fluvial stretches?
3. Look up the report by [Klint \(1959\)](#). Can you localise how the old mapping overlaps with your section from the terrain data? Are there differences in the water course?
4. What kind of landform is located by the "?" in the figure?

5.4 Flätverksströmmar, anabanching och anastomoserande vattendrag/Braided, anabanching and anasomosing rivers

Besök Goodley River, Nya Zeeland, Rio Parana, Argentina, samt Brahmaputra, Indien.

Koordinater:

Goodley River: (−43.618 530°N, 170.491 980°O)

Rio Parana: (−29.538 649°N, −59.591 470°O)

Brahmaputra: (26.430 907°N, 92.219 586°O)

1. Beskriv de karakteristiska dragen hos vattendragen i området runt den givna koordinaten.
2. Sök information vad som karakteriserar flätverksströmmar, anabanching och anastomoserande vattendrag. Vilket av de tre floderna hör till vilken kategori där du gjort dina observationer? Motivera.

Visit the Goodley River and Whataroa River in New Zealand as well as Brahmaputra in India.

Coordinates:

Goodley River: (−43.618 530°N, 170.491 980°E)

Rio Parana: (−29.538 649°N, −59.591 470°E)

Brahmaputra: (26.430 907°N, 92.219 586°E)

1. Describe the characteristics of the three river systems in the area of the given location
2. Look for information of what characterises braided, anabanching and anastomosing rivers. Which of the three rivers you have observed belong to which of these categories? Motivate.

5.5 Delta/Delta

Besök Nildeltat i Egypten, och Mississippis delta i Louisiana, USA.

Koordinater:

Nildeltat: (30.874 413°N, 31.073 968°O)

Mississippi: (29.641 051°N, −90.497 936°O)

Visit the Nile Delta, Egypt, and the Mississippi delta, Louisiana, USA.

Coordinates:

Nile delta: (30.874 413°N, 31.073 968°E)

Mississippi: (29.641 051°N, −90.497 936°E)

1. Vad karakteriserar dessa deltan?
2. Hur skulle du beskriva processen som skapar deltan?

1. What characterises these deltas?
2. How would you describe the processes that form the deltas?

5.6 Alluvialkon/Alluvial fans

Besök alluvialkonen vid Copper Canyon i Death Valley, Kalifornien, USA.

Koordinater: (36.124 229°N, −116.757 037°O)

Artikeln av [McPherson et al. \(1987\)](#) ger bakgrundsinformation om alluvialkoner.

1. Vad karakteriserar landformen?
2. Hur skulle du beskriva bildningsprocessen för alluvialkoner?
3. Titta på andra alluvialkoner i dalgången, vad kan du observera? Förklara observationerna du gör.

Visit the Copper Canyon alluvial cone in Death Valley, California, USA.

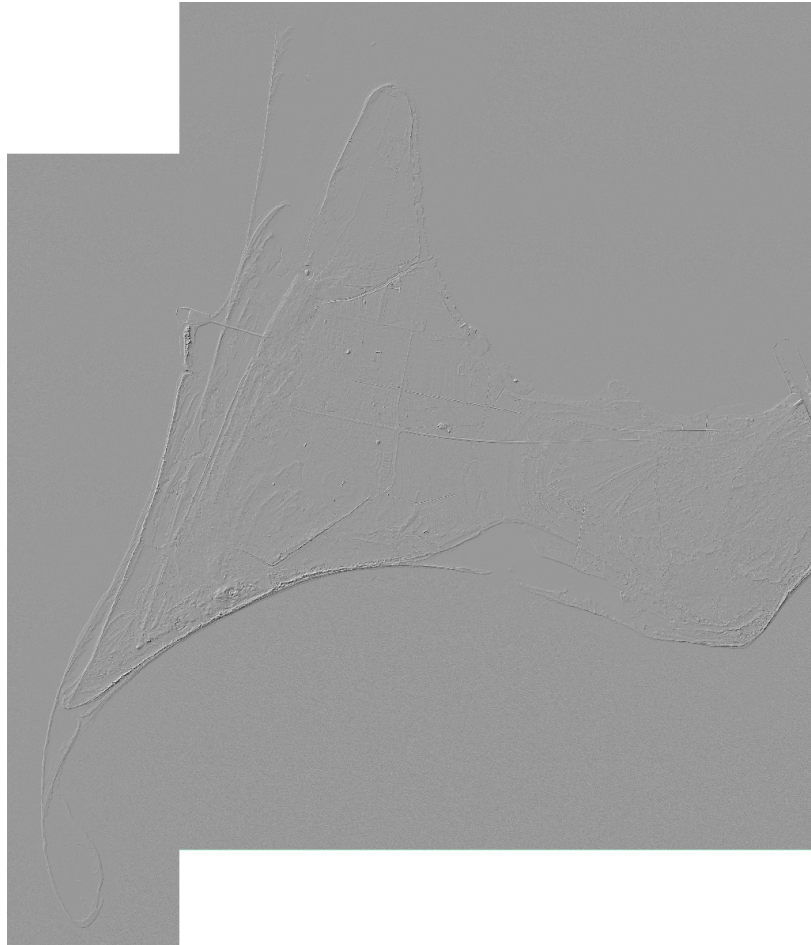
Coordinates: (36.124 229°N, −116.757 037°E)

The article by [McPherson et al. \(1987\)](#) provides background information on alluvial fans.

1. What characterises the landform?
2. How would you describe the processes that forms alluvial fans?
3. Look at other alluvial fans in the valley, what can you observe? Explain any observations you make.

6 Kustprocesser/Coastal processes

6.1 Kusttransport/Coastal transport



Lat,Lon: 55.404356, 12.875933; Sweref99 TM: 365726, 6141798

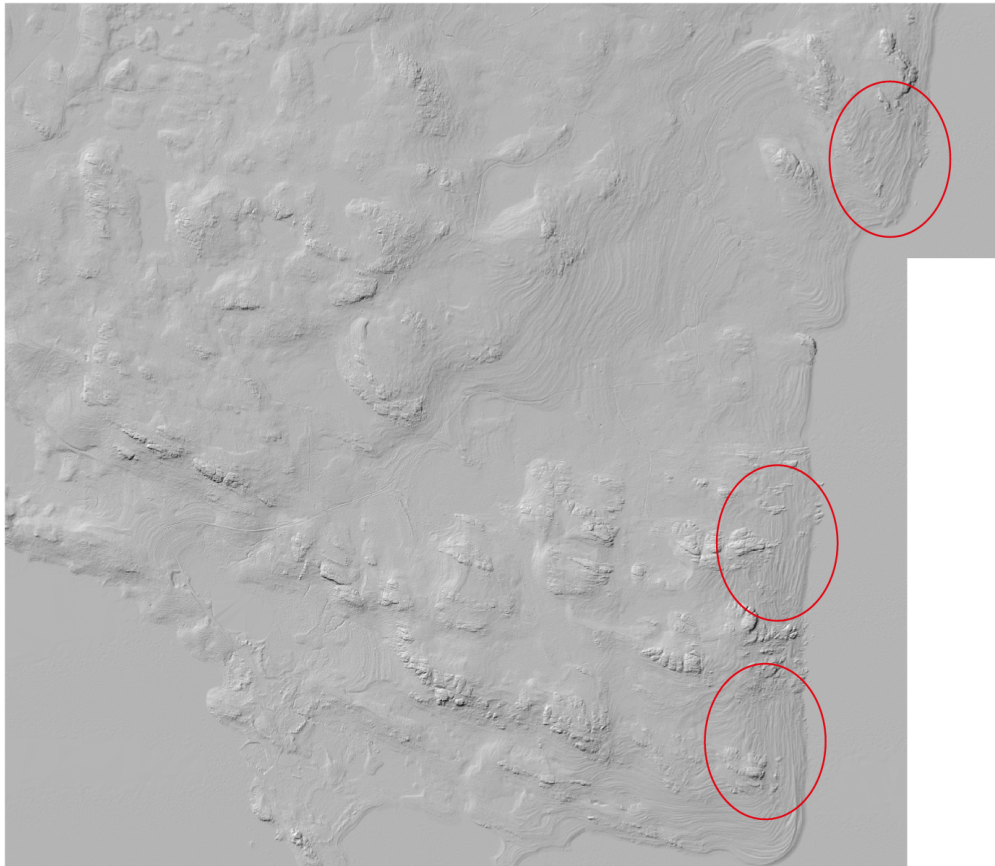
I bilden ovan ser du halvön Skanör-Falsterbo i Skåne. Halvön utgörs till stora delar av landformer utformade av kustprocesser.

1. Se till att lagret med höjdkurvor är på. Notera att detta lager innehåller mycket information så det kan ta lite tid för QGIS att uppdatera skärmen. Zooma in så att du kan se vågorna i havet utanför kusten. Studera hur vågorna är fördelade såväl ute till havs som nära kusten.
2. Hur skulle du säga att vinden generellt blåste när data samlades in?
3. Vad observerar du vad gäller vågornas riktning nära kustlinjen runt halvön? Rita en generaliserad skiss över dina observationer.
4. Hur tror du sediment transporteras längs stränderna runt halvön?

The Image above shows the Skanör-Falsterbo peninsula in southern Sweden. The peninsula is largely composed of landforms created by coastal processes.

1. Make sure the layer showing contours is on. Note that this layer contains a lot of information so QGIS may require time for updating the screen. Zoom in so that you can see the waves in the sea outside the coast. Study how the waves are distributed at sea and close to the shore.
2. How would you say the wind was blowing when the data was collected.
3. What can you observe concerning the wave directions near the coast line around the peninsula? Draw a generalised sketch of your observations.
4. How do you think sediment is transported along the shores of the peninsula?

6.2 Strandlinjer/Raised beaches



Lat,Lon: 61.645986, 17.488754; Sweref99 TM: 631865, 6837303

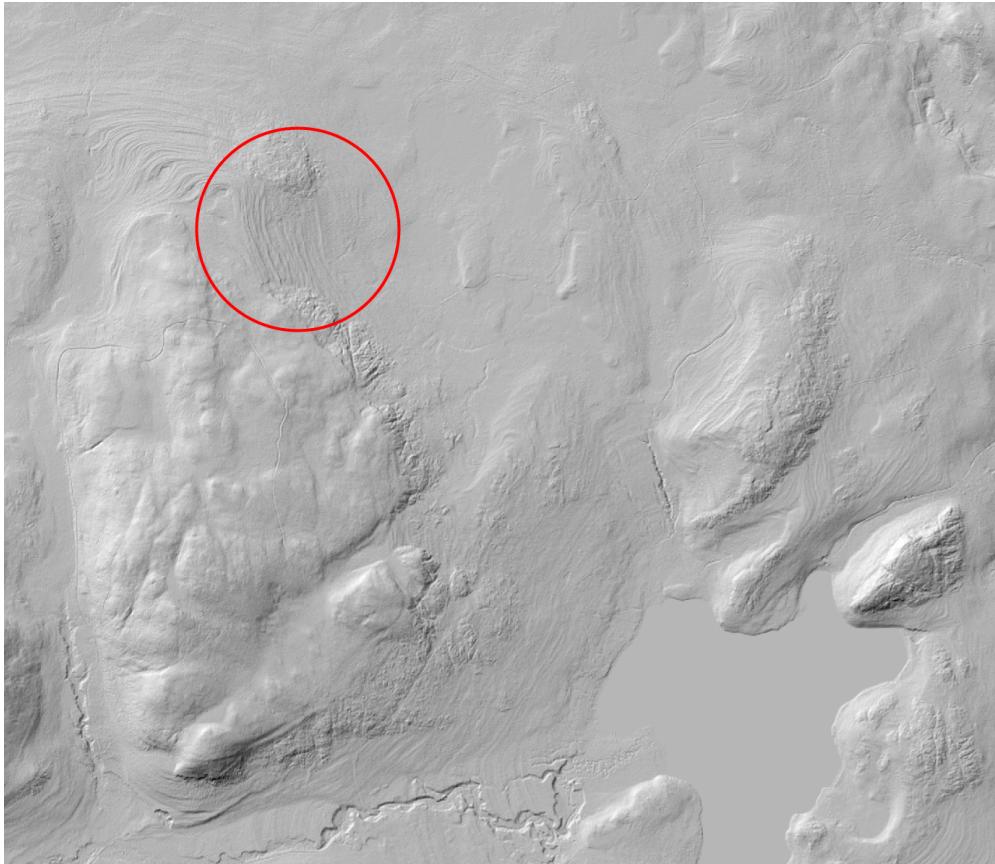
Hornslandet är en halvö som sticker ut i Bottenviken från Hälsinglands kust. Hela kusten på Hornslandet består av grova sediment som utformats till strandlinjer pga. landhöjningen. De inringade områdena är bara tydliga exempel på detta.

1. Välj en del av kustlinjen. Skapa en profil vinkelrätt mot kustlinjen.
2. Vad kan du se baserat på dina profildata?
3. Vad kan du säga om strandlinjer utifrån det rumsliga mönstret och dina profilstudier?

Hornlandet is a peninsula in Hälsingland that extends out into the Gulf of Bothnia from the main coast. The shores of Hornslandet consist of shoreline deposits created by shore processes and postglacial uplift. The encircled areas are just clear examples of this.

1. Select a part of the shore line. Make an elevation profile perpendicular to the coast line.
2. What can you observe based on your profile information?
3. What conclusions can you draw based on your view of the spatial pattern and the profiles you have studied?

6.3 Strandlinjer och HK/Shorelines and the highest shoreline elevation



Lat,Lon: 61.891989, 16.951983; Sweref99 TM: 602584, 6863514

Figuren ovan visar ett område kallat Järnblästen i Hälsingland. I området (inringat) ser du strandlinjer likt det du observerade på Hornslandet. Detta område ligger dock en bit från nuvarande kust linjen.

1. Skapa en profil över strandlinjerna i det inringade området.
2. Hur skulle du beskriva skillnaderna mellan strandlinjerna i detta område och de på Hornslandet?
3. Söder om strandlinjerna finns en gränslinje mellan skrovlig och slät mikro-topografi. Vad beror det på? (dra profiler och ta hänsyn till höjd).

The image above shows an area (encircled) called Järnblästen in Hälsingland. In the area you can see shorelines similar to what you observed for Hornslandet. This area is, however far from the current shore line.

1. Create a profile of the shorelines in the circled area.
2. How would you describe the differences between shorelines in this area and the ones observed on Hornslandet?
3. South of the shorelines there is a boundary between rough and smooth micro-terrain. Why does this difference occur? (draw profiles and consider the elevation).

7 Glaciala processer och landformer/Glacial processes and land forms

7.1 Glacial erosion och isrörelse/Glacial erosion and ice flow



I denna övning behöver du studera glaciala räfflor på åtminstone två olika platser runt staden. Du behöver kunna mäta riktning på räfflorna och ange koordinater för den plats du mäter på. Det finns därför två alternativ. Du kan använda en vanlig kompass för att mäta riktningarna samt identifiera platsen (inom c:a 100 m) i Google Earth Pro och spara koordinaterna från platsen i en s.k. kmz-fil. Alternativt kan du ladda ned en kompass-app till din smartphone och använda den för att mäta riktningen, oftast anger kompassappen även koordinaterna för platsen.

1. Anteckna koordinaterna där du gör dina observationer. En koordinat för varje plats du besöker räcker. Du behöver inte registrera koordinaterna för varje räffla du mäter på samma ställe.
2. Anteckna kompassriktningen hos åtminstone 15 räfflor på varje plats du besöker. Anteckna sydliga riktningar, 90–270°.
3. Beräkna medelriktningen och hur mycket dina mätningar varierar på varje plats (standardavvikelsen).

Vilka slutsatser kan du dra från dina observationer

Tips: Bra platser för att hitta räfflor är nära vattnet i saltsjön och där nybyggnation under de senaste årtiondena har exponerat berggrund som tidigare varit begravd under sediment. Berggrund på högre höjd är ofta söndervittrad så att räfflorna inte längre syns. Ett bra typexempel på en berghäll som skulle lämpa sig för mätningar är den utanför Universitetets tunnelbanestation. Denna häll får dock inte ingå i dina mätningar.

Skicka dina observationer i en Excel-fil med e-post och följ följande format (Sweref 99 TM-koordinater och riktning):

“Longitud”	“Latitud”	Riktning
6551489	495727	173

Om du skickar koordinater i grader som latitud och longitude, ange vilket koordinatsystem du använder. Ange också koordinaterna i decimalform (inte grader, minuter, sekunder etc.).

In this exercise you need to study glacial striations at at least three different localities around town. You need to measure the direction of the striations and the location where you do the measurements. There are two ways you can accomplish this. You can use a traditional compass to measure the directions and then locate your site (within c. 100 m) in Google Earth Pro and save the coordinates in a so-called kmz file. Alternatively you can download a compass app for your smart phone and use it for recording the direction. These apps usually simultaneously provide coordinates.

1. Record the coordinates where you do your observations. One coordinate is sufficient for each site. You do not need to record coordinates for every striation you measure at a site.
2. Record the compass direction of at least 15 striations at each site. Record the southerly directions, 90–270°.
3. Calculate the average direction at each site and how much your values differ at each site (standard deviation).

What conclusions do you draw from these observations?

Hint: Good exposures with striations are usually found near the shore or where construction during recent decades has exposed bedrock previously buried under soil. Bedrock at higher elevations tend to have weathered so that striations are no longer visible. A good example of an exposure suitable for measurements is located outside the University subway station. This exposure must not be included in your measurements.

Please E-mail your observations in an Excel file in the following format (Sweref 99 TM coordinates and direction):

‘Longitude’	‘Latitude’	Direction
6551489	495727	173

If you provide latitude and longitude coordinates in degrees, please indicate what coordinate system you are reporting and also keep coordinates in decimal form (not degrees, minutes, seconds etc.).



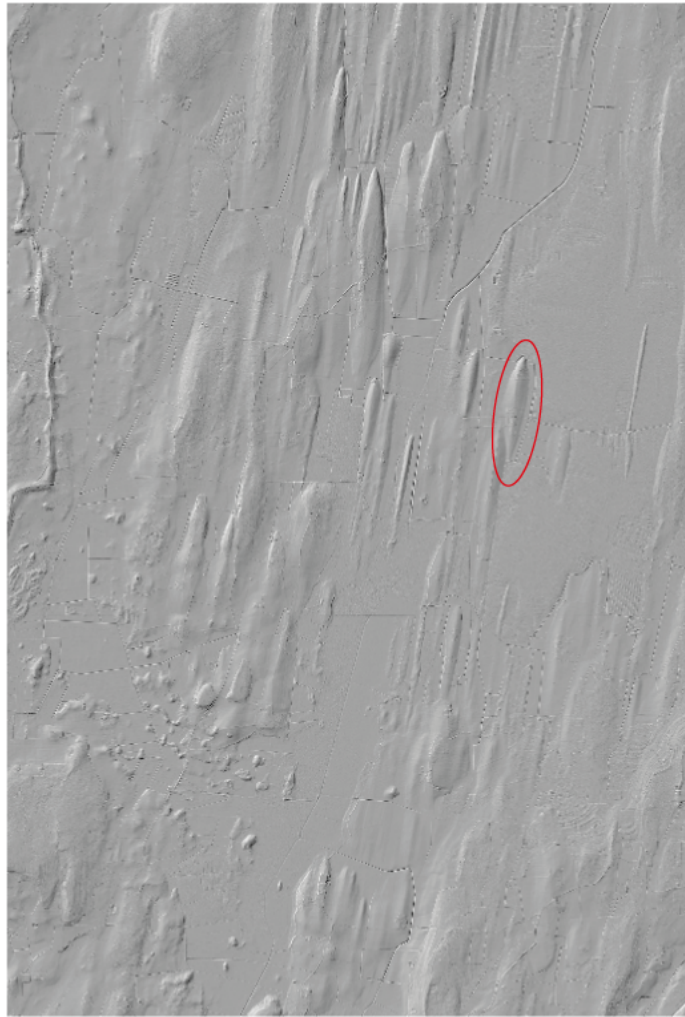
När du mäter en räffla är det viktigt att hålla kompassen vågrät så att kompassnålen fritt kan röra sig. Du behöver därför orientera kompassen genom att titta ned lodrätt så att kompasskanten hamnar parallellt med räfflorna.

Ett viktigt tips är att ta med en flaska med vatten så att du kan blöta ned hällytan. Det gör att räfflorna blir enklare att se än om ytan skulle vara torr. Men låt de lokala förhållanden bestämma vad du gör.

When you measure a striation it is important to keep the compass horizontal so that the compass needle can move without interference. You therefore need to orient the compass by looking down vertically so that you can align the compass edge with the striation.

An important tip is to bring a bottle of water so that you can wet the rock surface. This makes the striations stand out more than if the surface is dry. But, let the local conditions determine your actions.

7.2 Drumliner/Drumlins



Lat,Lon: 59.096185, 14.921692; Sweref99 TM: 495727, 6551489

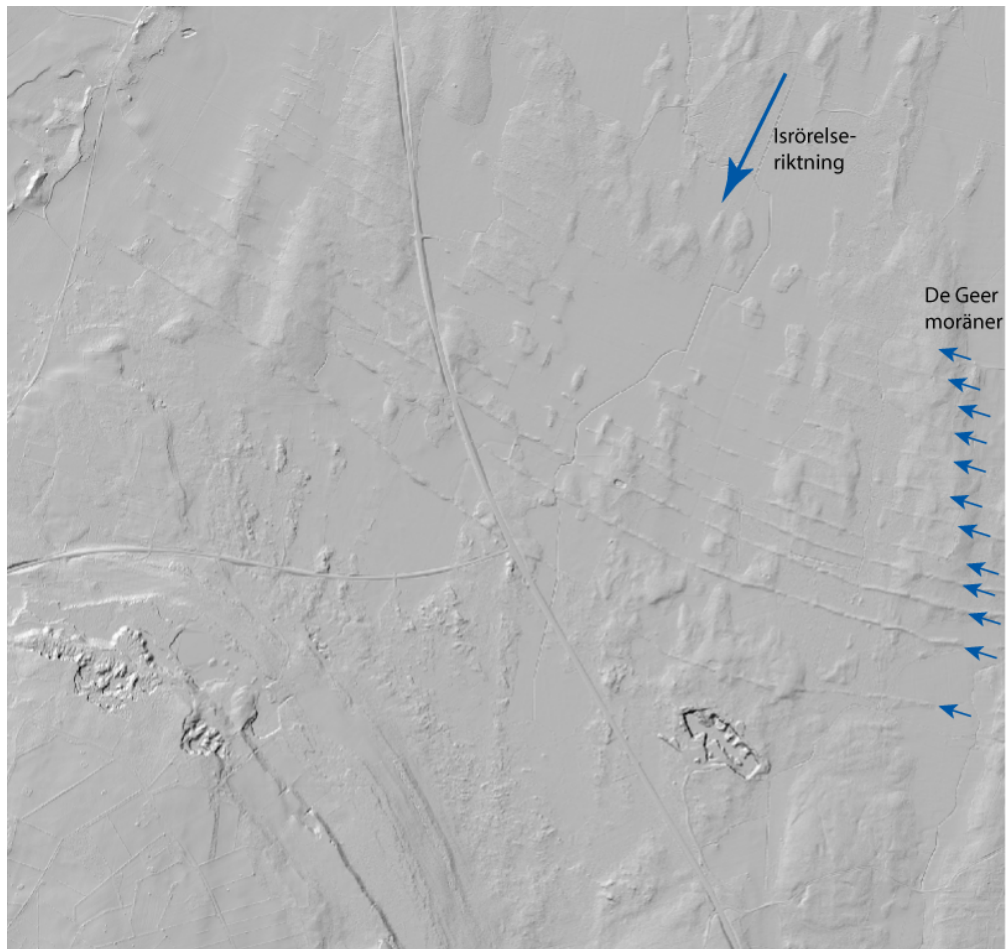
Hackvad är ett typområde för drumliner i Sverige. Artikeln av Möller and Dowling (2016) ger bakgrundsinformation om drumlinerna i Hackvad. På bilden ser du en del av området med mer eller mindre tydliga drumliner. Ett medelstort exemplar är inringat. Studera området noggrant och gör en bedömning på följande punkter:

1. Hur skulle du karakterisera landformen? Hur rörde sig isen?
2. Vad är det för storleksordning på längd, bredd och höjd på drumlinerna? Med storleksordning menas 1, 10 100, 1000, 10 000 osv. m.
3. Hur mycket varierar storleken på drumlinerna i området? Dvs. hur mycket varierar längd, bredd, respektive höjd?

Hackvad is a characteristic area for drumlins in Sweden. The article by Möller and Dowling (2016) provides background information to Hackvad drumlins. The image shows a part of the area with more or less obvious drumlins. An average sized example is encircled. Study the area carefully and evaluate the following:

1. How would you characterise the landform? How did the ice sheet move?
2. What are the magnitude of length, width and height of the drumlin? By magnitude we mean 1, 10 100, 1000, 10 000 etc. m.
3. How much does the size vary in the area? I.e. how much does length, width and height, respectively vary?

7.3 De Geer-moräner/De Geer moraines



Lat,Lon: 58.533491, 13.826971; Sweref99 TM: 431413, 6488787

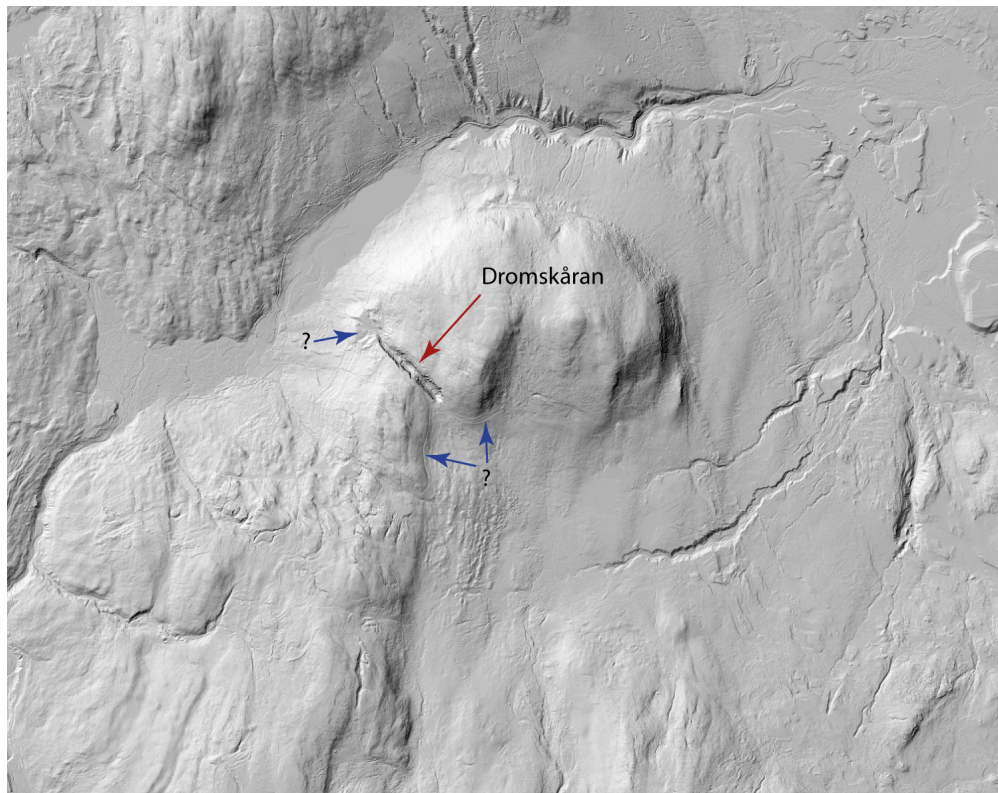
Låstad är en plats vid norra spetsen av Billingen där flera De Geer-moräner kan återfinnas. De Geer moräner bildas subakvatiskt parallellt med iskanten på en marin inlandsis. I figuren ovan kan du se åtminstone tolv olika tydliga sub-parallella ryggar som var och en representerar ett stadium hos iskanten. En teori är att ryggarna representerar årliga positioner hos en retirande inlandsis. Artikeln av [Bouvier et al. \(2015\)](#) ger bakgrundsinformation till De Geermoränerna vid Låstad.

1. Beskriv ryggarnas form i genomskärning.
2. Antag att moränerna är årliga. Vad kan du säga om reträtthastigheten hos isen över fältet av ryggar? Ge numeriska uppskattningar på reträtthastigheten och visa hur du gjort uppskattningarna.

Låstad is a locality at the northern tip of the Billingen mountain south central Sweden. Several De Geer moraines are visible in the area. De Geer moraines are formed parallel to the ice margin of an ice sheet in a sub-aquatic environment. In the figure above you can see at least twelve sub-parallel ridges of variable clarity each representing a stage of the ice sheet front. A theory is that the ridges represent annual positions of the retreating ice sheet. The article by [Bouvier et al. \(2015\)](#) provides background information on the De Geer moraines at Låstad.

1. Describe the cross-sectional geometry of a De Geer moraine.
2. Assume that the moraines are annual. What can you say about the retreat rate of the ice sheet across the field of moraines. Provide numerical estimates of typical rates and show how you arrived at the estimates.

7.4 Dränering av glaciala sjöar/ Glacial lake drainage



Lat,Lon: 63.081108, 13.799251; Sweref99 TM: 439423, 6995119

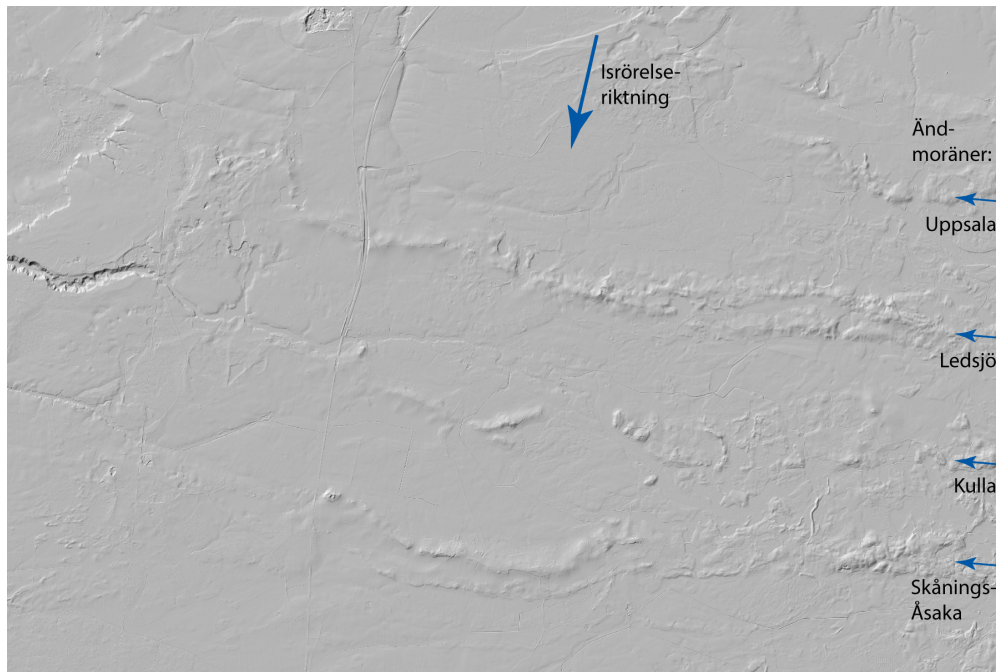
Dromskåran är en glaciofluvial tappningsränna i de jämtländska fjällen. Rännan har skapats av utflödet av vatten från en isdämd sjö, dvs. en sjö som skapats mellan inlandsisen och ett berg. Detta skedde i slutskedet av den senaste istiden. Studera Terrängmodellen noggrant och ge din syn på följande punkter

1. Åt vilket håll har vattnet dränerats? Dvs. var fanns is-sjön och åt vilket håll rann vattnet?
2. Vilka landformer utöver själva rännan har du identifierat som lett dig till ditt svar på föregående fråga?
3. Vad kan du utläsa från geomorfologin i området i samband med att rännan skapades?
4. Vad säger hela scenariot om var inlandsisen låg?

Dromskåran is a glaciofluvial drainage way in the mountains of Jämtland. The pathway was created by water flowing from an ice dammed lake, i.e. a lake formed between the inland ice and a mountain. The lake was formed towards the end of the ice age when the ice was retreating. carefully study the terrain model and provide your insights into the following:

1. Towards what direction did the water drain? I.e., where was the ice dammed lake and in which direction did the water drain?
2. What land forms apart from the drainage pathway itself have you identified which has led you towards the answer to the previous question?
3. What can you decipher from the geomorphology of the area regarding conditions when the drainage pathway was created?
4. What does your scenario say about where the inland ice was located?

7.5 Ändmoräner/Terminal moraines



Lat,Lon: 58.468752, 13.480203; Sweref99 TM: 411847, 6481872

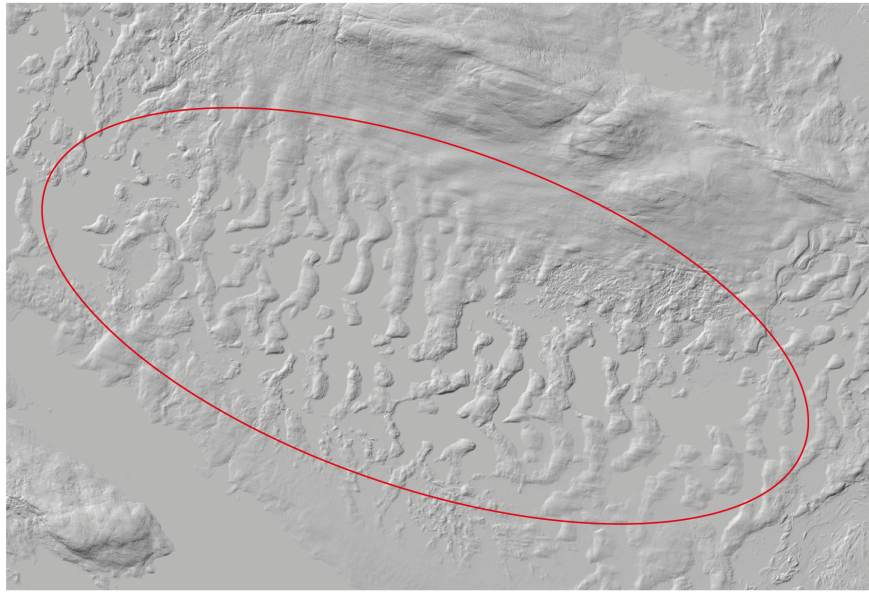
Den mellansvenska israndzonen (MIRZ) är ett område där inlandsisens reträtt under deglaciationen stannade upp i respons till det kalla s.k. Yngre Dryas händelsen. Bilden ovan visar ett utsnitt i Västergötland väster om Billingen där ett antal ändmoräner genomkorsar landskapet. Artikeln av [Johnson et al. \(2013\)](#) ger en inblick i hur moränerna bildats och vad som bygger upp dem. Notera speciellt kartan i artikeln som visar de olika moränerna.

1. Använd profilverktyget i QGIS för att skapa tvärprofiler över ryggarna.
2. Är de symmetriska eller asymmetriska?
3. Är de enstaka ryggar eller komplexa ryggar?

The Middle Swedish end-moraine zone is an area where the deglaciation of Fennoscandian ice sheet halted in response to the Younger Dryas cold event. The image above shows a section of of this zone west of the Billingen mountain where a number of terminal moraines run across the landscape. The article by [Johnson et al. \(2013\)](#) provides insights into how the moraines have been formed and the material that build them. Note in particular the map in the article which shows the different moraines.

1. Use the profile tool in QGIS to create profiles across the different moraines.
2. Are they symmetric or asymmetric?
3. Are they single ridges or complex forms?

7.6 Rogenmorän/Rogen moraine



Lat,Lon: 62.354061, 12.417534; Sweref99 TM: 366303, 6916247

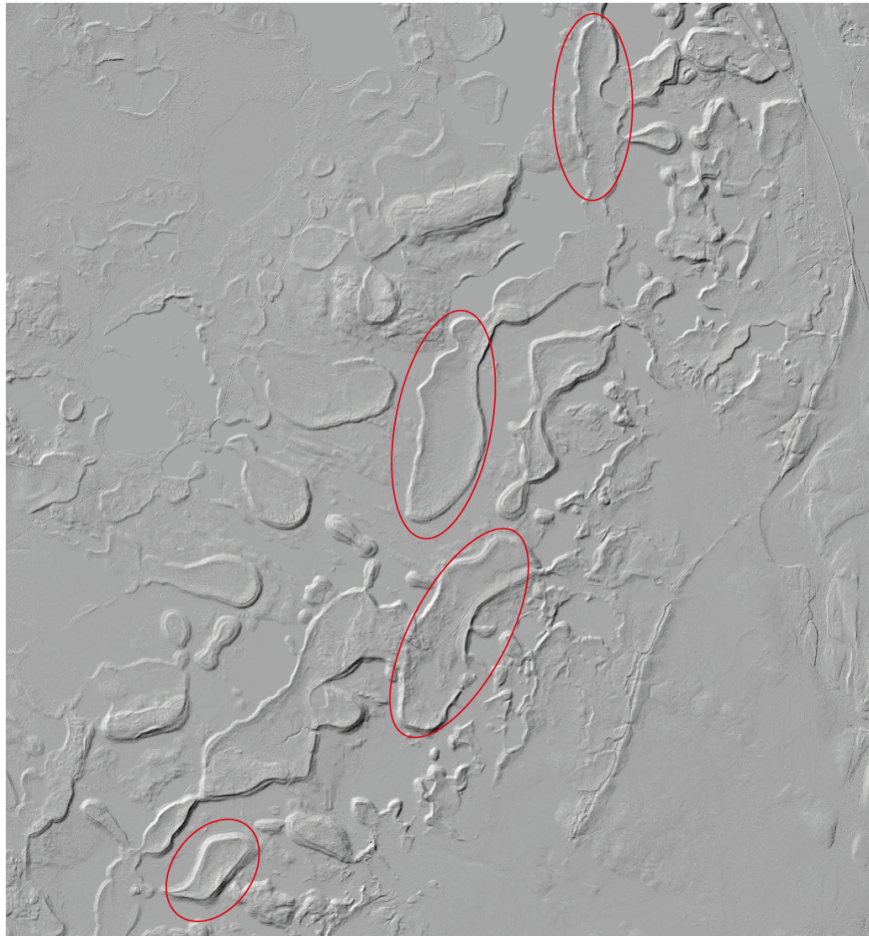
Sjön Rogen i norra Dalarna är typområde för Rogenmorän. Rogenmorän kallas ibland också “ribbed moraine”. Artikeln av [Hättestrand and Kleman \(1999\)](#) redovisar hur Rogenmorän bildas.

1. Använd profilverktyget i QGIS och studera tvärprofiler av ryggformerna, dvs. profiler vinkelrätt mot ryggens längdaxel.
2. Är de symmetriska eller asymmetriska?
3. Åt vilket håll rörde sig isen när rogenmoränen bildades?
4. Vad karakteriserar ryggformerna?

The lake Rogen in northern Dalecarlia, Sweden, is the reference area for Rogen moraines. Rogen moraines are also referred to as ribbed moraines. The article by [Hättestrand and Kleman \(1999\)](#) provides information on how Rogen moraine is formed.

1. Use the profile tool in QGIS to study cross profiles of the moraine forms, i.e. profiles perpendicular to the length axis.
2. Are they symmetric or asymmetric?
3. What was the ice movement direction at the time the Rogen moraines were formed?
4. What characterises the Rogen moraines?

7.7 Veikimorän/Veiki moraine



Lat,Lon: 67.400290, 22.513916; Sweref99 TM: 821238, 7494045

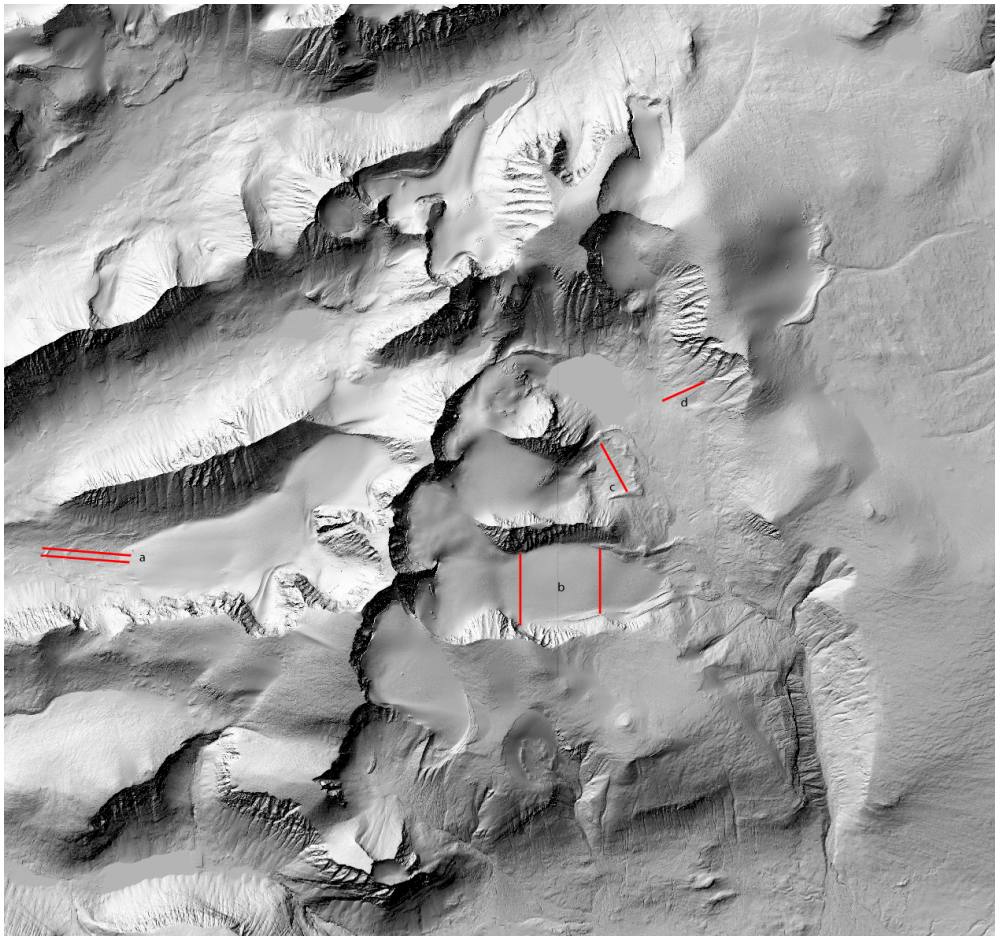
Veikimorän är uppkallad efter området Veiki norr om Gällivare i norra Sverige. Veikimorän förekommer i stora men tydligt begränsade områden. Den består av platåer med djupare områden mellan platåerna. Inringat är några exempel på de olika formade platåerna. Artikeln av [Lagerbäck \(1988\)](#) beskriver bildningssättet för formerna.

1. Använd profilverktyget i QGIS och skapa profiler över veikimoränen.
2. Vad kan du observera när det gäller platåerna?

Veiki moraine is named after the Veiki area north of Gällivare, northern Sweden. Veiki moraine occurs in large but clearly delimited areas. The moraine consists of plateaus inter-spaced by lower lying terrain. Some examples of the differently shaped plateaus are encircled. The article by [Lagerbäck \(1988\)](#) describes the formation process of the forms.

1. Use the profile tool in QGIS and create profiles across the Veiki moraine.
2. What observations can you make regarding the plateaus?

7.8 Glacialt landskap/Glacial landscape



Lat,Lon: 67.911199, 18.610738; Sweref99 TM: 651589, 7537256

Tarfaladalen ligger öster om Sveriges högsta berg, Kebnekaise. Detta är det mest alpina området i Sverige. Som du kanske vet består Kebnekaise av två toppar, nord- och sydtoppen, som består av berg respektive is (glaciär). Flera glaciärer finns i området varav Storglaciären är den mest kända och flödar österut från Kebnekaiseryggen. Stockholms universitets, Tarfala forskningsstation, ligger i dalen och är ansvarigt för monitoring av miljödata i området.

1. Zooma in på mitten av Storglaciären (vid bokstaven "b"). Du kommer att se en rak linje som går tvärs över glaciären i nord-sydlig linje i skugg reliefflagret. Linjen syns också norr och söder om Storglaciären. Vad har denna linje för betydelse? Varför finns linjen?
2. Till vänster finns två parallella linjer framför Rabots glaciär (a). Skapa två profiler på ungefär samma platser. Den nedre passerar genom ett gap i ryggarna som ligger framför glaciären, den övre går över ryggarna. Hur tolkar du dessa profiler?
3. På Storglaciären finns två profiler i nord-sydlig riktning (b). Skapa profiler över glaciären. Vad visar dessa? Varför ser profilerna ut som de gör?
4. Framför Isfallsglaciären ligger ett område med en räfflad yta (c). Dra en profil tvärs över området. Vad ser du och hur tolkar du detta?

The Tarfala valley is located East of the highest mountain in Sweden, Kebnekaise. This is the most alpine area in Sweden. As you may know the Kebnekaise mountain consist of two peaks, the north and south summit, which are made up of rock and ice (glacier), respectively. Several glacier are located in the area, the most famous is Storglaciären that flows towards the East from the Kebnekaise summit. The Stockholm University Tarfala Research Station is located in the valley and is responsible for monitoring of environmental data in the area.

1. Zoom into the middle of Storglaciären (by the letter 'b'). You will see a straight line in the shaded relief that runs north to south across the glacier. The line is also visible north and south of Storglaciären. What is the significance of this line? Why does it exist?
2. To the left in the image there are two parallel lines in front of Rabots glaciär (a). Create two profiles at the same locations. The lower profile runs through gaps in the ridges in front of the glacier. The upper runs across the ridges. How do you interpret these profiles?
3. There are two profiles marked on Storglaciären on a north-south direction (b). Create profiles across the glacier at these locations. What do the profiles show? Why do the profiles look the way they do?

5. På en sluttning i bildens högra del finns en ränna som slutar i en lobformad landform (d). Dra en profil som bilden visar och beskriv vad du ser. Kan du förklara landformen?
4. In front of Isfallsglaciären is an area with a ridged surface (c). Create a profile across the area and describe what you see and how you interpret the result?
5. On a slope on the right hand side of the image there is a chute that continues into a lobate landform (d). Create a profile as shown in the image and describe what you observe. Can you explain the landform?

8 Periglaciala processer/Periglacial processes

8.1 Pingo och iskilar/Pingo and ice wedges

[Mackay \(1998\)](#) har beskrivit hur flera pingos utvecklats i McKenzie-området i Alaska. Besök McKenzie delta, Alaska

Koordinater: (69.399 545°N, –133.079 505°O)

1. Hur karakteriserar du denna pingo?
2. Hittar du fler Pingoformer i närheten?
3. Hur tolkar du miljön där pingen förekommer?
4. Ser du andra periglacial landformer runt omkring pingen? i så fall vilka?

[Mackay \(1998\)](#) has described the evolution of several pingos in the the McKenzie area in Alaska. Visit the McKenzie delta, Alaska

Coordinates: (69.399 545°N, –133.079 505°E)

1. How would you describe this pingo?
2. Can you find more pingos in the surroundings?
3. How do you interpret the environment where the pingo occurs?
4. Do you see other periglacial landforms in the area surrounding the pingo? If so what forms?

8.2 Termokarst/Thermokarst

[Veremeeva and Glushkova \(2016\)](#) har beskrivit termokarstmiljön runt floden Kolyma i sibirien. Mer summerande information om termokarstsjöar ges av [Kravtsova and Rodionova \(2016\)](#). Besök området runt Kolymaflo den i sibirien

Koordinater: (68.361 516°N, 155.478 908°O)

1. Med hjälp av Google Earth Pro och artiklarna av [Veremeeva and Glushkova \(2016\)](#) samt [Kravtsova and Rodionova \(2016\)](#), vad är din bild av miljön och processerna där termokarstsjöar återfinns?

[Veremeeva and Glushkova \(2016\)](#) have described the thermokarst environment in the Kolyma River area in Siberia. More summarising information on thermokarst lakes is given by [Kravtsova and Rodionova \(2016\)](#). Visit the area around the Kolyma river in Siberia, Russia

Coordinates: (68.361 516°N, 155.478 908°E)

1. By using Google Earth Pro and articles by [Veremeeva and Glushkova \(2016\)](#) and [Kravtsova and Rodionova \(2016\)](#), what is your view on the environment and processes where thermokarst lakes exist?

8.3 Utblåsningskratrar/Blow-out craters

[Bogoyavlensky et al. \(2022\)](#) har beskrivit utblåsningskratrar på Yamalhalvön i nordvästra Sibirien. Besök den bäst synbara kratern:

Koordinater:

(69.976 970°N, 68.414 466°O)

(70.067 839°N, 68.376 756°O) (2)

1. Mät kraterns diameter med hjälp av mätverktyget i Google Earth Pro.
2. En mindre krater finns i närheten (koord. 2). Hur skilljer sig denna mot kratern du tittade på i vanstående uppgift?
3. Använd koordinaterna i tabell 1 i [Bogoyavlensky et al. \(2022\)](#) för att undersöka karaktären hos andra kratrar angivna i artikeln. Bildmaterialet i Google Earth Pro är av varierande kvalitet och av olika ålder vilket gör det svårt att identifiera vissa objekt.

[Bogoyavlensky et al. \(2022\)](#) had described blow out craters on the Yamal penninsula in northwestern Siberia. Visit the best visible crater:

Coordinates:

(69.976 970°N, 68.414 466°O)

(70.067 839°N, 68.376 756°O) (2)

1. Measure the diameter of the crater by using the measurement tool in Google Earth Pro.
2. A smaller crater is located nearby (coord. 2). How does this crater differ from the one you studied in the previous task?
3. Use the coordinates in table 1 in [Bogoyavlensky et al. \(2022\)](#) to investigate the other craters in the article. The imagery in Google Earth Pro is of varying quality and age which will make objects difficult to identify.

8.4 Blockglaciärer i Muragl/Rock glaciers in Muragl

Ett exempel på blockglaciärer finns i Muragl, Schweiz. Dessa blockglaciärer har studerats av bl.a. ([Springman et al., 2012](#)).

Koordinater: (46.505 791°N, 9.930 709°E)

1. Beskriv vad som karakteriserar de tre blockglaciärerna i Muragl.

Examples of rock glaciers can be found in Muragl, Switzerland. These rock glaciers have been studied by e.g. ([Springman et al., 2012](#))

Coordinates: (46.505 791°N, 9.930 709°E)

1. Describe the characteristics of the rock glaciers in Muragl.

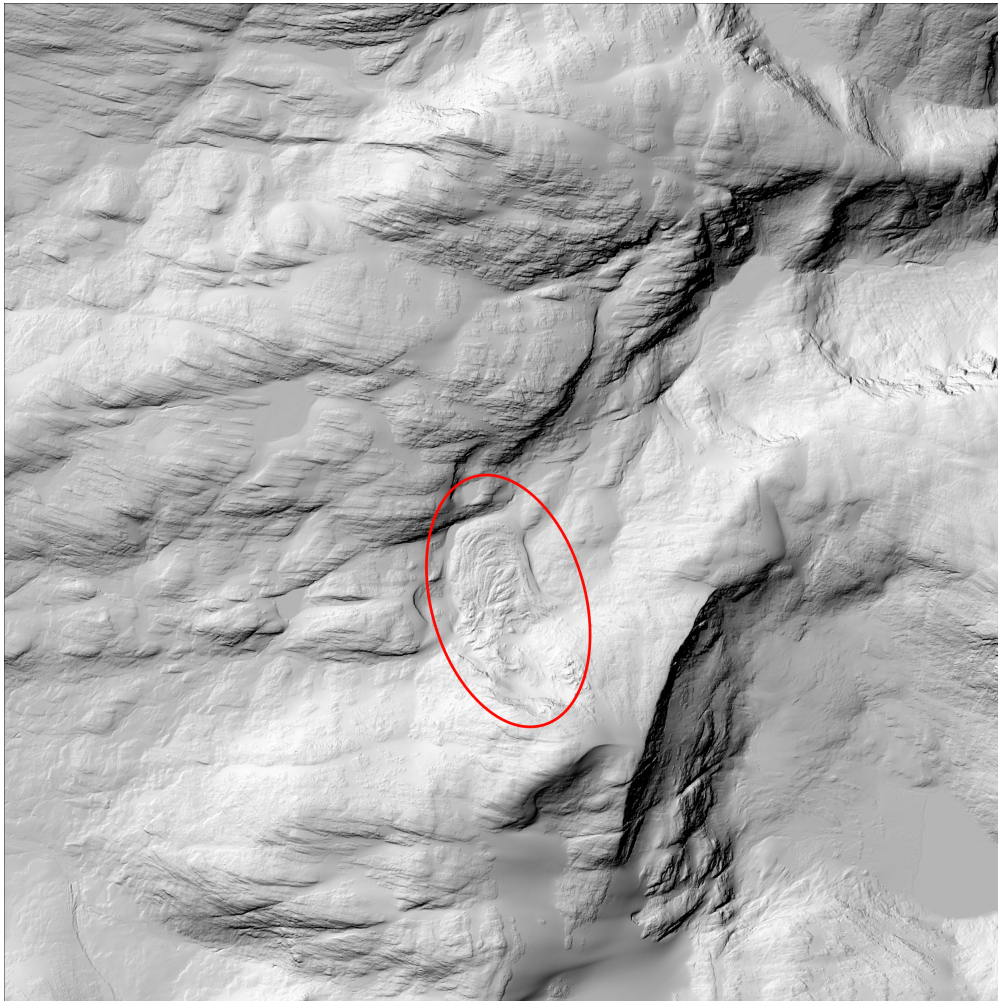
8.5 Blockglaciären i Sälka/The rock glacier in Sälka

I Sverige finns endast en blockglaciär vilken är lokaliserad norr om Sälkamassivet nära Kebnekaise.

1. Studera den svenska blockglaciären genom att dra profiler över dess yta och beskriv dess karakteristiska drag.
2. Vilka drag har denna blockglaciär gemensamt med de i Muragl?

Only one rock glacier exist in Sweden. It is located north of the Sälka massif near Kebnekaise in northern Sweden.

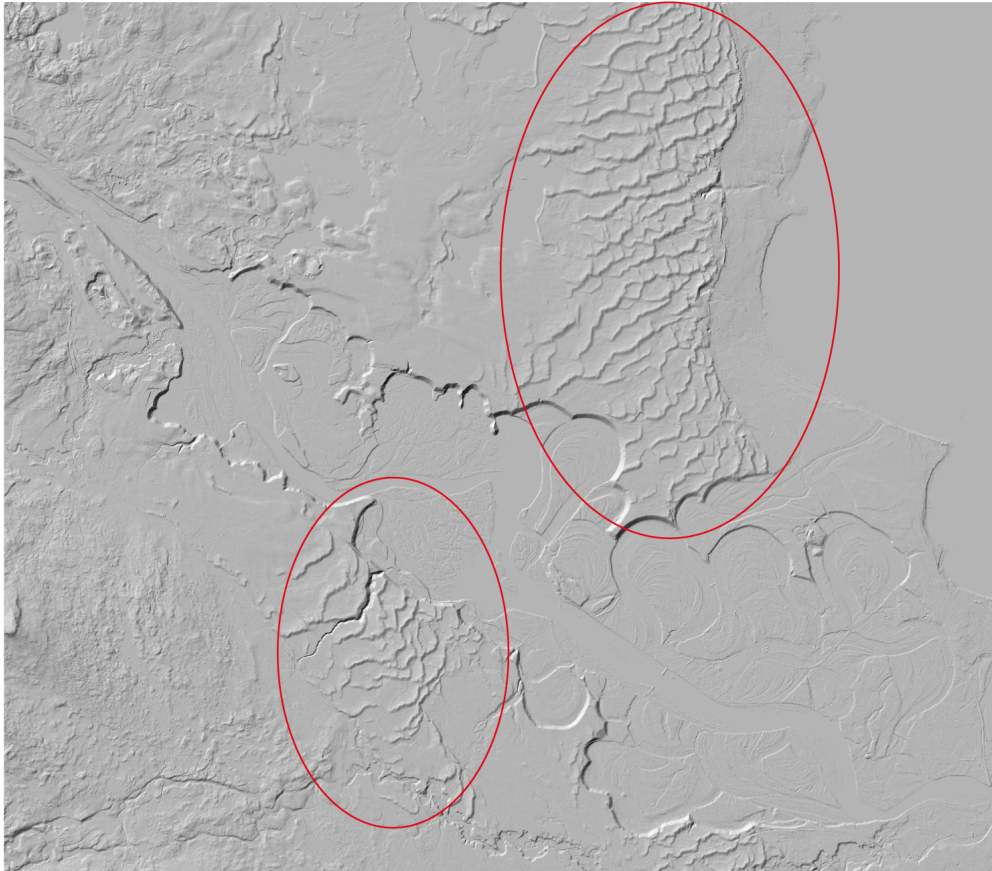
1. Study the Swedish rock glacier by drawing profiles across its surface and describe its characteristics.
2. What features does this rock glacier have in common with the ones in Muragl?



Lat,Lon: 67.962774, 18.165112; Sweref99 TM: 632454, 7542150

9 Vindprocesser/Eolian processes

9.1 Sanddyner/Sand dunes



Lat,Lon: 61.057039, 14.466376; Sweref99 TM: 471215, 6769901

Bilden ovan visar det så kallade Morafältet (inringat). Mora ligger utanför kartans nedre högra hörn. Morafältet är ett HK-delta på vars yta ett omfattande sanddynfält utvecklats i samband med att inlandsisen drar sig tillbaka och delat torrläggts. [Alexanderson and Bernhardson \(2016\)](#) har undersökt dynerna och ger en bakgrund till området. Använd kartan för att besvara följande frågor:

1. Vad tolkar du som den dominerande vindriktningen som skapade dynfältet?
2. Mät och rita en profil tvärs en dyn. Använd en riktning lik den antagna dominanta vindriktningen.
3. Det finns ett brott i dynfälktet så att en del återfinns i södra delen av kartan och den större delen i kartans övre hälft. Hur tolkar du orsaken till detta?

The image above shows the so-called Mora-field (encircled). The city of Mora is located outside the lower right corner of the map. The Mora field is a highest shoreline delta on which an extensive dune field has developed as the ice sheet retreated away from the area and the delta surface dried up. [Alexanderson and Bernhardson \(2016\)](#) have investigated the dune field and provide additional details on the area. Please use the map to answer the following questions:

1. What do you interpret as being the dominant wind direction forming the dune field?
2. Measure and draw a profile across a dune. Use a direction similar to the interpreted dominant wind direction.
3. There is a break in the dune field so that one part is found in the lower part of the map and a larger portion in the upper half of the map. How do you interpret the cause for this?

9.2 Barkaner, stjärn och linjära dyner/Barchan, parallel, star and linear dunes

Besök öknarna Atacama, Namibia, Rub'Al-Khali och Algeriet för att studera olika typer av dyner. [Wiggs \(2001\)](#) summerar processerna kring dynformation. Koordinater:
(−14.011 332°N, −75.892 368°O)
(−23.879 772°N, 17.782 139°O)
(18.437 552°N, 48.230 222°O)
(29.205 509°N, −1.487 177°O)

1. Beskriv dynerna du ser på respektive plats.
2. Vad kan du säga om vindriktningen på platserna.

Visit the Atacaman, the Namibian, the Rub'Al-Khali and the Algerian deserts to view different types of dunes.

[Wiggs \(2001\)](#) provides a summary of dune formation processes. Coordinates:

(−14.011 332°N, −75.892 368°E)
(−23.879 772°N, 17.782 139°E)
(18.437 552°N, 48.230 222°E)
(29.205 509°N, −1.487 177°E)

1. Describe the dunes you see at each location.
2. What can you say about the wind direction.

9.3 Yardang/Yardang

Besök öknen i Qaidams dräneringsområde, Kina, och studera yardanger. [Li et al. \(2016\)](#) har studerat fördelningen och morfologin på yardanger i området. Koordinater: (38.222 428°N, 93.386 131°O)

1. Vad karakteriserar yardangerna?
2. Varför är de orinterade som de är?

Visit the desert in the Qaidam basin, China, to study yardangs. [Li et al. \(2016\)](#) has studied the distribution and morphology of yardangs in the area.

Coordinates: (38.222 428°N, 93.386 131°E)

1. What characterises the yardangs?
2. Why are they oriented the way they are?

10 Storskalig geomorfologi/Large scale geomorphology

Använd kartorna över Nordens landformsregioner av [Rudberg \(1960\)](#) och [Lidmar-Bergström and Olvmo \(2015\)](#). Den andra är en mer generaliserad karta än den första som täcker både Sverige och Norge, men också mer uppdaterad vad gäller teorier. Figuren med sveriges och Norges topografi (följande sida) visar ungefärliga lägen och ytor för att studera topografin. Undersök följande (numreringen återfinns på figuren):

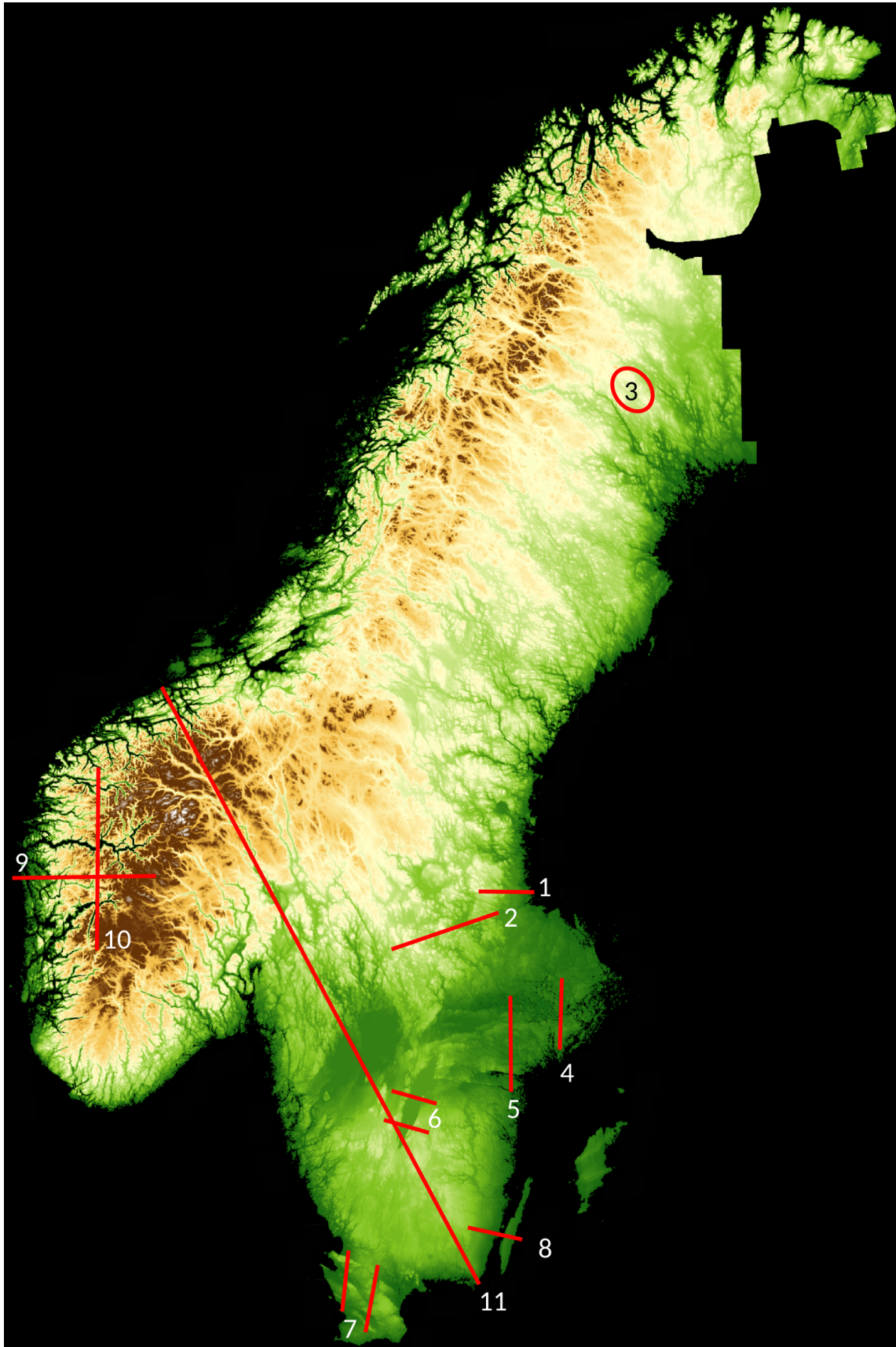
1. *Norrlandsgränsen* studera profiler tvärs norrlandsgränsen
2. *Bergkullterräng* studera profiler inom bergkullterrängen
3. *Bergkullslätt* studera profiler inom områden som klassas som bergkullslätt
4. *Sprickdalstopografi* studera profiler inom områdena som klassas som sprickdalstopografi
5. *Förkastningslinjer* studera nord-sydliga profiler från Mälardalen ned till Bråviken.
6. *Vätternsänkan* studera profiler över sjön Vättern med omgivning
7. *Skånes förkastningstopografi* studera nord-sydliga profiler över Skåne
8. *Peneplan* studera profiler från centrala Småland ut över Öland.
9. *Strandflate* studera profiler i öst-västlig riktning över Norges västkust
10. *Fjordar* studera profiler över Norges fjordområde
11. *Allmänt* Dra en profil från nedre östra "hörnet" av Blekinge över Billingen och Kinnekulle i Västergötland och vidare över till Norska kusten.

Försök att summera dina observationer från ovanstående profilmätningar.

Use the maps on the landform regions of Norden by [Rudberg \(1960\)](#) and [Lidmar-Bergström and Olvmo \(2015\)](#). The former is a more generalised map for Sweden and Norway than the latter, but also updated in terms of modern theories. The figure of the topography of Sweden and Norway (following page) contains approximate locations for profiles or areas to investigate. Investigate the following:

1. *Norrlandsgränsen* study profiles across the Norrland boundary
2. *Bergkullterräng* study profiles in areas labelled as undulating hilly relief (bergkullterräng)
3. *Bergkullslätt* study profiles in areas labelled as Plains with residual hills (bergkullslätt)
4. *Sprickdalstopografi* study profiles in areas labelled as fracture valley landscape (sprickdalstopografi)
5. *Förkastningslinjer* study north-south profiles across the area between the lake Mälaren valley and Bråviken.
6. *Vätternsänkan* study profiles across the lake Vättern and surroundings
7. *Skånes förkastningstopografi* study north-south profiles across Scania
8. *Peneplan* study profiles from central Småland to across Öland
9. *Strandflate* study profiles in east-west direction across the Norwegian west coast
10. *Fjordar* study profiles across the Norwegian fjord area
11. *General* Draw a profile from the lower eastern 'corner' of Blekinge across the Billingen and Kinnekulle mountains in Västergötland and further to the Norwegian coast.

Try to summarise your observations from the profile measurements above.



A Ordlista/Dictionary (English to/till svenska)

ablation gradient ablationsgradient [<i>glacial</i>]	block separation blockvittring [<i>vittring</i>]
ablation zone ablationsområde [<i>glacial</i>]	blockfield felsenmeer [<i>periglacial</i>]
abrasion abrasion [<i>kust</i>]	blow-out utblåsningsränna [<i>vind, kust</i>]
abrasion platform abrasionsplattform [<i>kust</i>]	bluff nipa [<i>fluvial</i>]
abyssal abyssal [<i>hav</i>]	bluff brant klitt [<i>kust</i>]
abyssal hill abyssalkulle [<i>hav</i>]	bolson bolson [<i>arid</i>]
abyssal plain djuphavsslätt [<i>hav</i>]	bore tidvattenvåg [<i>kust</i>]
accumulation zone ackumulationsområde [<i>glacial</i>]	bornhardt bornhardt [<i>landskap</i>]
active layer aktivt lager [<i>periglacial</i>]	bottomset bed bottenbädd [<i>fluvial</i>]
aeolian eolisk [<i>vind</i>]	boulder depression blocksänka [<i>periglacial</i>]
aggradation aggradering [<i>fluvial</i>]	boulder field blockhav [<i>periglacial</i>]
alas alas [<i>periglacial</i>]	bouma sequence boumasekvens [<i>hav</i>]
allogenic stream allogent vattendrag [<i>fluvial</i>]	braided stream flätverksström [<i>fluvial</i>]
alluvial alluvial [<i>fluvial</i>]	break point zone bränningsrevel [<i>kust</i>]
alluvial fan alluvialkon [<i>fluvial</i>]	breaker zone bränningszon [<i>kust</i>]
alluvial plain alluvialslätt [<i>landskap</i>]	breaking wave brytande våg [<i>kust</i>]
alluvial terrace alluvialterrass [<i>fluvial</i>]	breakwater vågbrytare [<i>kust</i>]
alluvium alluvium [<i>fluvial</i>]	butte butte [<i>arid</i>]
anabranching stream flergrenad ström [<i>fluvial</i>]	caliche caliche [<i>arid</i>]
anastomosing stream flätverksström [<i>fluvial</i>]	calving kalvning [<i>glacial</i>]
angle of internal friction intern friktionsvinkel [<i>sluttning</i>]	canyon kanjon [<i>fluvial</i>]
angle of repose rasvinkel [<i>sediment</i>]	catchment dräneringsområde [<i>fluvial</i>]
antecedent stream förelöpande ström [<i>landskap</i>]	cavitation kvitation [<i>fluvial</i>]
anti dune antidyn [<i>fluvial</i>]	chatter marks parabelriss [<i>glacial</i>]
arch båge [<i>sluttning</i>]	chemical weathering kemisk vittring [<i>vittring</i>]
arête kam [<i>landskap, glacial</i>]	cinder cone askkägla [<i>landskap, vulkanism</i>]
arroyo arroyo [<i>arid</i>]	cirque nisch [<i>glacial</i>]
atoll atoll [<i>kust</i>]	cirque glacier nischglaciär [<i>glacial</i>]
avalanche boulder tongue lavinblocktunga [<i>sluttning</i>]	cliff hög bergbrant [<i>sluttning</i>]
avalanche chute lavinränna [<i>sluttning, nival</i>]	coastal current kustström [<i>kust</i>]
avulsion avledning [<i>fluvial</i>]	coastal plain kustslätt [<i>kust</i>]
backshore övre strandzon [<i>kust</i>]	cobble beach strandmal [<i>kust</i>]
backwash återsvall, återspolning [<i>kust</i>]	col sadel [<i>landskap, glacial</i>]
backwearing bakåtgripande erosion [<i>sluttning</i>]	cold glacier kall glaciär [<i>glacial</i>]
badlands badlands [<i>sluttning</i>]	collapsing breaker brytande våg [<i>kust</i>]
bajada bajada [<i>arid</i>]	colluvium kolluvium [<i>sluttning</i>]
bank bank [<i>fluvial</i>]	consequent stream konsekvent vattendrag [<i>fluvial</i>]
bank caving brinckollaps [<i>fluvial</i>]	continental rise kontinentalsluttning [<i>hav</i>]
bar revel [<i>kust</i>]	continental shelf kontinentalsockel [<i>hav</i>]
barchan barkan [<i>arid</i>]	continental slope kontinentalbrant [<i>hav</i>]
barrier coast barriärkust [<i>kust</i>]	contour line höjdkurva [<i>topografi</i>]
barrier island barriärö [<i>kust</i>]	core stone kärnblock [<i>vittring</i>]
barrier reef barrärrev [<i>kust</i>]	cornice överhängande driva [<i>nival</i>]
basal sliding basal glidning [<i>glacial</i>]	corrasion korrasion [<i>fluvial</i>]
basal till bottenmorän [<i>glacial</i>]	corrie (Br.) nisch [<i>glacial</i>]
base level basnivå [<i>fluvial</i>]	crag and tail läsidesdrumlin [<i>glacial</i>]
basin bäcken [<i>fluvial</i>]	creep krypning [<i>sluttning</i>]
bathymetry batymetri [<i>kust</i>]	crenulate beach vågformig strandlinje [<i>kust</i>]
baymouth bar buktrevel [<i>kust</i>]	crescentic bar vågformad revel [<i>kust</i>]
beach cusp strandsporre [<i>kust</i>]	crescentic gouge skärtråg [<i>glacial</i>]
beach drift strandtransport [<i>kust</i>]	crevasse glaciärspicka [<i>glacial</i>]
beach face uppspolningszon [<i>kust</i>]	cuesta cuesta [<i>arid</i>]
beach ridge strandvall [<i>kust</i>]	current ström [<i>fluvial</i>]
beach scarp erosionshak [<i>kust</i>]	current ripple strömrippel [<i>fluvial</i>]
bed load bottenlast [<i>fluvial</i>]	cusplike bar skärformig revel [<i>kust</i>]
bergschund bergschund [<i>glacial</i>]	cusplike spit lärevel [<i>kust</i>]
berm strandterrass, strandplan [<i>kust</i>]	cyoturbation kryoturbation [<i>periglacial</i>]
berm crest bankettkrön [<i>kust</i>]	De Geer moraine De Geer-morän [<i>glacial</i>]
bifurcation bifurkation [<i>fluvial</i>]	debris sediment(ospec.) [<i>sluttning</i>]
	debris avalanche jordlavin [<i>sluttning</i>]
	debris covered glacier sedimenttäckt glaciär [<i>glacial</i>]

debris flow jordström [<i>sluttning</i>]	flutes flutes [<i>glacial</i>]
debris slide jordskred [<i>sluttning</i>]	fluvial fluvial [<i>fluvial</i>]
deep weathering djupvittring [<i>vittring</i>]	flyggberg flyggberg [<i>landskap, glacial</i>]
deflation vinderosion [<i>vind</i>]	foredune frontdyn [<i>kust</i>]
deflation hollow deflationshåla [<i>vind</i>]	foredune ridge främre dynrad [<i>kust</i>]
deglaciation deglaciation [<i>glacial</i>]	forerunner förlöpar [<i>kust</i>]
degradation degradering [<i>fluvial</i>]	foreset bed mittbädd [<i>fluvial</i>]
delta delta [<i>kust</i>]	foreshore kustlinjeslänt [<i>kust</i>]
delta plain deltaplan [<i>fluvial</i>]	fracture valley landscape sprickdalslandskap [<i>landskap</i>]
dendritic network dendritiskt nätverk [<i>fluvial</i>]	frost heave tjällyftning [<i>periglacial</i>]
denudation denudation [<i>landskap</i>]	frost shattering issprängning [<i>periglacial</i>]
depositional environment depositionsmiljö [<i>landskap</i>]	frost wedge iskil [<i>periglacial</i>]
depositional landform depositionsform [<i>landskap</i>]	gap öppning [<i>landscape</i>]
desert öken [<i>arid</i>]	gelifluction gelifluktion [<i>sluttning</i>]
desert pavement ökenbeläggning [<i>arid</i>]	geothermal heat jordvärme [<i>periglacial</i>]
desert varnish ökenpatina [<i>arid</i>]	glacial trough glacialtråg [<i>glacial</i>]
desertification ökenspridning [<i>arid</i>]	glaciation nedisning [<i>glacial</i>]
dessication crack torkspricka [<i>arid</i>]	glacifluvial sediment glacifluvium [<i>glacial</i>]
digital elevation model (DEM) digital terrängmodel (DTM) [<i>topografi</i>]	gnamma gnamma [<i>vittring, arid</i>]
dissolved load löst last [<i>fluvial</i>]	graben graben [<i>landskap</i>]
dolin dolin [<i>karst</i>]	graded stream graderad ström [<i>fluvial</i>]
downcutting nedskärning [<i>fluvial</i>]	granular disintegration grusvittring [<i>vittring</i>]
drainage basin dräneringsområde [<i>fluvial</i>]	groove isräffla (större) [<i>glacial</i>]
drainage divide vattendelare [<i>fluvial</i>]	grus weathering grusvittring [<i>vittring</i>]
drainage network dräneringsnät [<i>fluvial</i>]	gully erosion ravinerosion [<i>fluvial</i>]
dreikanter dreikanter [<i>vind</i>]	guyot guyot [<i>ocean</i>]
dripstone dropsten [<i>karst</i>]	hamada hamada [<i>arid</i>]
drop stone droppsten [<i>glacial</i>]	hanging trough hängande tråg [<i>glacial</i>]
drumlin drumlin [<i>glacial</i>]	hanging valley hängande dalgång [<i>kust</i>]
dry wash torrström [<i>fluvial, arid</i>]	heaving hävning [<i>sluttning</i>]
dune dyn [<i>vind</i>]	highest shoreline högsta kustlinjen [<i>glacial</i>]
earthflow jordflöde [<i>sluttning</i>]	hinterland bakland [<i>kust</i>]
edge wave randvåg [<i>kust</i>]	hogback bergkam [<i>landskap</i>]
elastic strain elastisk deformation [<i>allmän</i>]	horn topp [<i>landskap, glacial</i>]
end moraine ändmorän [<i>glacial</i>]	horst horst [<i>landskap</i>]
englacial englacial [<i>glacial</i>]	hypso metric curve hypsometrisk kurva [<i>topografi</i>]
entrenched meanders inskurna meandrar [<i>fluvial</i>]	ice age istid [<i>glacial</i>]
equilibrium line jämviktslinje [<i>glacial</i>]	ice berg isberg [<i>glacial</i>]
erg erg, sandöken [<i>arid</i>]	ice cap plåtåis [<i>glacial</i>]
erosion erosion [<i>allmän</i>]	ice divide isdelare [<i>glacial</i>]
erosional landform erosionsform [<i>landskap</i>]	ice dome isdom [<i>glacial</i>]
erratic flyttblock [<i>glacial</i>]	ice fall isfall [<i>glacial</i>]
escarpment brant sluttning [<i>kust, landskap</i>]	ice field isfält [<i>glacial</i>]
esker ås [<i>glacial</i>]	ice sheet inladsis [<i>glacial</i>]
estuary estuarium [<i>kust</i>]	ice shelf isshelf [<i>glacial</i>]
etch plain etsplan [<i>landskap</i>]	ice stream isström [<i>glacial</i>]
etch surface etsytan [<i>vittring</i>]	ice tongue istunga [<i>glacial</i>]
exfoliation exfoliation [<i>vittring</i>]	ice wedge iskil [<i>periglacial</i>]
exfoliation dome exfoliationsdom [<i>vittring</i>]	incised meander inskuren meander [<i>fluvial</i>]
exhumation återexponerad [<i>landskap</i>]	inselberg inselberg [<i>landskap, vittring</i>]
extensional crevasse extensionsspricka [<i>glacial</i>]	inshore kustnära zon [<i>kust</i>]
feeder beach matarstrand [<i>kust</i>]	interior basin inre bäcken [<i>arid</i>]
feeder current matarström [<i>kust</i>]	isostacy isostasi [<i>allmän</i>]
felsenmeer blockhav [<i>periglacial</i>]	kame kame [<i>glacial</i>]
fetch fetch [<i>kust</i>]	kaolin kaolin [<i>vittring</i>]
fiord fjord [<i>glacial</i>]	karren karren [<i>vittring</i>]
firn firn [<i>glacial</i>]	kettle hole dödisgrop [<i>glacial</i>]
firn line firngräns [<i>glacial</i>]	lagoon lagun [<i>kust</i>]
flash flood plötslig översvämning [<i>fluvial</i>]	lahar lahar [<i>sluttning</i>]
flood översvämning [<i>fluvial</i>]	landslide jordskred [<i>sluttning</i>]
flood plain flodslätt [<i>fluvial</i>]	lateral cutting lateralerosion [<i>fluvial</i>]
	lateral moraine sidomorän [<i>glacial</i>]
	levee levee [<i>fluvial</i>]

liquefaction likvifaktion [*sluttning*]
little ice age lilla istiden [*glacial*]
littoral litoral, kustnära [*kust*]
littoral drift kustnära sediment [*kust*]
littoral transport kustnära transport [*kust*]
longitudinal dune longitudinell dyn [*vind, arid*]
longshore kustparallell [*kust*]
longshore bar kustparallell revel [*kust*]
longshore current kustparallell ström [*kust*]
longshore drift kustparallella sediment [*kust*]

marine cliff marin hög bergbrant [*kust*]
marine scarp kustbrant [*kust*]
marine terrace kustterrass [*kust*]
mass movement massrörelse [*sluttning*]
mass wasting massrörelse [*sluttning*]
meander meander [*fluvial*]
meander cutoff meanderbrott [*fluvial*]
meander neck meandernäs [*fluvial*]
medial moraine mittmorän [*glacial*]
mesa mesa [*arid*]
mid-ocean ridge mittoceanisk rygg [*hav*]
monadnock restberg [*landskap*]
moulin glaciärbrunn [*glacial*]
mudflow slamström [*sluttning*]

nearshore kustnära [*kust*]
nebkha nebkha [*arid*]
nivation nivation [*snow*]
normal stress normalspänning [*allmän*]
nunatak nunatak [*glacial*]

oasis oas [*arid*]
oceanic trench djuphavsgrov [*hav*]
offshore kustdistanserad [*kust*]
offshore bar kustdistanserad revel [*kust*]
onshore mot kusten [*kust*]
oscillatory wave oscillationsvåg [*kust*]
outlet glacier utlöparglaciär [*glacial*]
outwash plain sandur [*glacial*]
overdeepening överfördjupning [*glacial*]
overland flow ytavrinning [*fluvial*]
oxbow lakw korvsjö [*fluvial*]

palsa pals [*periglacial*]
parabolic dune paraboldyn [*vind, arid*]
patterned ground strukturmark [*periglacial*]
pediment pediment [*landskap*]
pediplain pediplan [*landskap*]
peneplain peneplan [*landskap*]
periglacial periglacial [*periglacial*]
permafrost permafrost [*periglacial*]
physical weathering fysisk vittring [*vittring*]
piedmont lobe piedmontlob [*glacial*]
pingo pingo [*periglacial*]
plain with residual hills bergkullslätt [*landskap*]
playa playa [*arid*]
plucking plockning [*glacial*]
plunge pool kolkbäcken [*fluvial*]
plunging breaker störtande våg [*kust*]
pluvial lake pluvial lake [*arid*]
pocket beach liten sandstrand [*kust*]
point bar meandernäs [*fluvial*]
polar wander polvandring [*topografi*]
polje polje [*vittring, karst*]

polythermal polytermal [*glacial*]
ponor ponor [*vittring, karst*]
protalus rampart protalusvall [*periglacial*]

quarrying plockning [*glacial*]
quick clay kvicklera [*sluttning*]

radial crevasse radialspricka [*glacial*]
radial drainage radiell dränering [*fluvial*]
raised beach strandvall [*kust*]
raised shoreline strandlinje [*kust*]
rapid fors [*fluvial*]
ravine ravin [*fluvial*]
rear dune ridge bakre dynrad [*kust*]
recessional moraine recessionsmorän [*glacial*]
recurved spit krumudde [*kust*]
re-exposed återexponerad [*landskap*]
reg reg, stenöken [*arid*]
regelation regelation [*glacial*]
regolit lösmaterial [*landskap*]
rejuvenated glacier rejuvererad glaciär [*glacial*]
relief relieff [*landskap*]
resequent river resekvent vattendrag [*landskap*]
ria coast riakust [*kust*]
ribbed moraine rogenmorän [*glacial*]
rift rift [*landskap*]
rift valley riftdal [*landskap*]
rill erosion rännilserosion [*fluvial*]
rip channel ripströmskanal [*kust*]
rip current ripström [*kust*]
ripple böljeslagsmärke [*kust*]
river capture flodinfångning, flodavlänkning [*fluvial*]
roche moutonnée rundhäll [*glacial*]
rock fall berggras [*sluttning*]
rock glacier blockglaciär [*glacial*]
rock slide bergsskred [*sluttning*]
rogen moraine rogenmorän [*glacial*]
rotational slide rotationsskred [*sluttning*]
runnel tidvattentråg [*kust*]
run-up height uppspolningshöjd [*kust*]
run-up overwash vågöverspolning [*kust*]

sabkah sabkah [*arid*]
salt dome saltldom [*landskap*]
salt pan saltpanna [*arid*]
saltation saltation [*fluvial*]
sandstorm sandstorm [*vind, arid*]
saprolit vittringsmantel [*vittring*]
sastrugi sastrugi [*snow*]
scouring renspolning, renskrapning [*fluvial, glacial*]
sea mount undervattensberg [*hav*]
sea stack rauk [*kust*]
sediment load sedimentlast [*fluvial*]
sediment yield sedimentproduktion [*fluvial*]
seiche seiche [*kust*]
seif dune seifdyn [*arid*]
shear crevasse skjuvspricka [*glacial*]
shear stress skjuvspänning [*allmän*]
sheet erosion ytavspolning [*fluvial*]
sheet wash ytavrinning [*fluvial*]
sheeting bankning [*vittring*]
shoreface botten utanför brytzone [*kust*]
shoreline strandlinje [*kust*]
sickle trough skärtråg [*glacial*]
sink hole slukhål [*karst*]
slope failure sluttnings???? [*sluttning*]
slump rotationsskred [*sluttning*]

slush avalanche slasklavin [*snow*]
snow snö [*glacial*]
soil creep jordkrypning [*sluttning*]
solifluction solifluktion [*sluttning*]
sorted stripe stenström [*periglacial*]
spheroidal weathering sfäroidalvittring [*vittring*]
spilling breaker spillande våg [*kust*]
spit sandtunga [*kust*]
splash erosion stänkerosion [*fluvial*]
spur bergsporre [*landskap*]
stack rauk [*kust*]
stalactite stalaktit [*karst*]
stalagmite stalagmit [*karst*]
star dune stjärndyn [*arid*]
stone polygon stenpolygon [*periglacial*]
stone ring stenring [*periglacial*]
storm surge stormflod [*kust*]
strain deformation [*allmän*]
strain rate deformationshastighet [*allmän*]
stream capacity strömkapacitet [*fluvial*]
stream capture flodavlänkning [*fluvial*]
stream competence strömkompetens [*fluvial*]
stream erosion fluvialerosion [*fluvial*]
stream gradient strömgradient [*fluvial*]
stream load strömlast [*fluvial*]
stream piracy flodavlänkning [*fluvial*]
streambed botten (i vattendrag) [*fluvial*]
streaming flow strömmande flöde [*fluvial*]
stress spänning [*allmän*]
striae isräffla [*glacial*]
sturzstrom sturzstrom [*sluttning*]
subaerial subaeril [*allmän*]
subaquatic subakvatisk [*allmän*]
subglacial subglacial [*glacial*]
supraglacial supraglacial [*glacial*]
surf surfvågor [*kust*]
surf beat vågbrottssvängning [*kust*]
surf zone bränningszon [*kust*]
surface weathering ytvittring [*vittring*]
surge svämning [*glacial*]
surging breaker brytande våg [*kust*]
suspended load suspenderad last [*fluvial*]
swash svall [*kust*]
swash bar svallrevel [*kust*]
swash mark svallmärke [*kust*]
swash zone svallzon, uppspolningszon [*kust*]
swell dyning [*kust*]
sword dune svärdsdyn [*arid*]
table mountain taffelberg [*landskap*]

tafoni tafoni [*vittring, arid*]
talus talus [*sluttning*]
tarn (Br.) nischsjö [*glacial*]
temperate glacier tempererad glaciär [*glacial*]
terminal moraine ändmorän [*glacial*]
terminal moraine ändmorän [*glacial*]
terminus front [*glacial*]
thalweg thalweg [*landskap*]
thermokarst termokarst [*periglacial*]
tidal bore flodvåg [*kust*]
tidewater glacier tidvattenglaciär [*glacial*]
till morän [*glacial*]
tombolo tombolo [*kust*]
tor tor [*vittring*]
tower karst tornkarst [*karst*]
translatory wave transaktionsvåg [*kust*]
trellis pattern spaljemönster [*fluvial*]
tributary biflöde [*fluvial*]
trunk stream huvudflöde [*fluvial*]
tundra tundra [*periglacial*]
turbidity current turbiditetsström [*ocean*]
undertow underström [*kust*]
undulating hilly terrain bergkullterräng [*landskap*]
u-shaped valley u-dal [*glacial*]
uvala uvala [*vittring, karst*]
valley glacier dalglaciär [*glacial*]
veiki moraine veikimorän [*glacial*]
ventifact ventifakt [*vind*]
v-shaped valley v-dal [*fluvial*]
wadi wadi [*arid*]
water gap strömöppning [*fluvial*]
waterfall vattenfall [*fluvial*]
watershed dräneringsområde [*fluvial*]
wave base vågbas [*kust*]
Wave crest vågkam [*kust*]
wave cut bench abrasionsflak [*kust*]
wave cut notch abrasionshak [*kust*]
wave height våghöjd, amplitud [*kust*]
wave length våglängd [*kust*]
wave train vågtåg [*kust*]
wave trough vågdal [*kust*]
wave-cut platform abrasionsflak [*kust*]
weathering vittring [*vittring*]
wetted perimeter fuktad perimeter [*fluvial*]
whale back valrygg [*glacial*]
wind gap dalgång utan flod [*vind*]
yardang yardang [*arid*]
yazoo stream yazoovattendrag [*fluvial*]

B Kompassen/The compass

Att mäta riktning eller orientering är viktigt inom geomorfologi. För att utföra geovetenskapliga mätningar är det lämpligt att ha en s.k. analog syftkompass med en klinometer (lutningsmätare) eller en mer avancerad geologkompass. Det är också möjligt att mäta riktning och lutning med hjälp av en kompass-app i en smartphone. Ofta är kompass-appen kombinerad med en lutningsmätare annars finns separata lutningsmätar-appar. Samtliga verktyg ger den information som behövs men det finns för och nackdelar som behöver belysas.

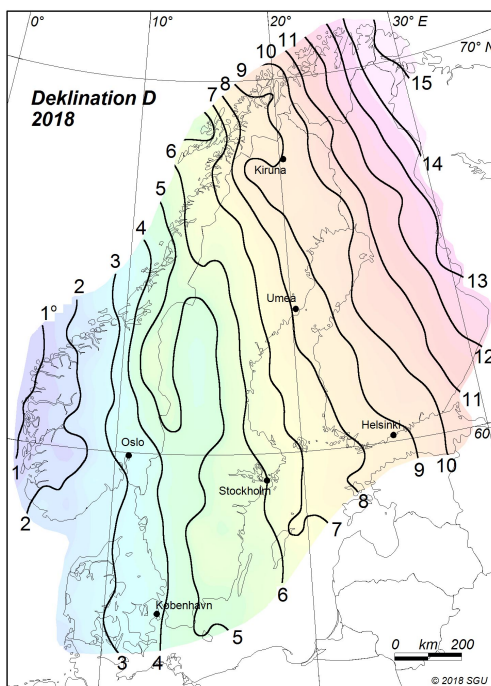
När vi mäter en riktning så är vi intresserad av att relatera riktningen till det som kallas kart-norr, dvs. mot den geografiska polen. Kompasserna använder jordens magnetfält för att visa riktning. Det magnetiska fältet sammanfaller inte med det geografiska nätet och den magnetiska polen sammanfaller alltså inte med de geografiska riktningarna. Det betyder att en analog kompass mäter "fel" över stora delar av jordytan. Felet kallas deklination.

I figuren nedan ser du hur avvikelserna varierar i Norden (missvisningen 2018 beräknad av SGU).

To measure direction or orientation is important in geomorphology. To make geoscientific measurements it is useful to have a so-called sighting compass with a clinometer (slope indicator) or a more advanced geological compass. It is also possible to measure direction and slope with a compass app in a smartphone. The compass app is commonly combined with a slope measurement capability. Otherwise, slope apps can be used separately. All these tools provide the information needed but there are pros and cons that need highlighting.

When we measure a direction we need to associate this to true north, i.e. the geographical pole. Compasses use the Earth's magnetic field to show direction. The magnetic field, however, does not coincide with the geographic directions. The magnetic pole does not coincide with the geographic pole. This means that a compass measures an 'incorrect' angle over large parts of the Earth's surface. The error is called declination.

In the figure below you see how the deviations from true north varies in the Nordic countries (declination in 2018 calculated by SGU).



När du mäter med en analog kompass kan du ställa in missvisningen för den plats du befinner dig på och erhålla korrekta geografiska riktningar direkt. Alternativt kan du hålla kompassen på noll missvisning och korrigera värdena i efterhand. Det är dock viktigt att hålla reda på missvisningen så att mätresultaten blir korrekta. I kompass-apparna varierar möjligheterna hur du ställer in detta så du behöver titta på deras instruktioner.

En kompass-app i en smartphone baserar orienteringen på en s.k. magnetometer som mäter magnetfältet i tre dimensioner. Ofta kombineras magnetfältsmätningen med accelerationssensorer som ger snabb information om hur

When you make measurements with an analogue compass you can adjust the compass for the declination at the site where you are. You can also have the compass set to zero declination and make the correction afterwards. It is, however, important to keep track of the declination so that the measurement results become correct. In the compass apps the possibility to make declination correction varies. Check the app documentation if the possibility exists.

A compass app in a smartphone works on the basis of

telefonen rör sig. Magnetometern är mycket känslig för störningar i magnetfältet vilket gör att det är viktigt att vara observant på om de riktningar du mäter är rimliga. En analog kompass är inte lika känslig för störningar.

Tester har visat att en analog kompass och en kompass-app ger likvärdiga mätningvärden. Det gäller dock att vara både noggrann och försiktig för att uppnå riktigt bra resultat. Ofta behöver du kalibrera appen för att den skall vara tillförlitlig. Exakt hur detta går till anges i appens dokumentation.

a so-called magnetometer that records the Earth's magnetic field in three dimensions. The magnetometer is often combined with acceleration sensors which provide quick information on how the telephone is moved. The magnetometer is very sensitive to disturbances in the magnetic field. This makes it important to be observant on whether or not the directions you measure make sense. An analogue compass is not as sensitive to disturbances.

Tests have shown that measurements by an analogue compass and a compass app provide reliable results. It is, however, important to be both meticulous and careful when making measurements to achieve good results. Often you will need to calibrate the compass app to get reliable results. How this is done will be given in the app documentation.

C Grader och meter/Degrees and metres

När du försöker förstå geografiska data är det praktiskt att ha insikt i förhållandet mellan globala koordinater i grader, minuter och sekunder eller decimalgrader och, t.ex. avstånd i meter. Detta förhållande är tyvärr inte linjärt så det är viktigt att skapa en intuitiv bild av det generella sambandet. Följande tabell ger en bra approximation av förhållandet mellan grader och fysiskt avstånd i meter vid olika latituder. tabellen kan användas för att ge ungefärliga uppskattningar i ordningsstorlek. Exakta mått behöver naturligtvis beräknas mer noggrant.

Tabellen nedan visar vilka avstånd som motsvarar vissa vinkelmått. Eftersom avstånden mellan longitudlinjerna minskar från ekvatorn mot polerna minskar avståndet för en given vinkel i samma riktning. Latitudlinjerna däremot har samma avstånd så att avstånden i N–S riktning inte påverkas.

When trying to understand geographic data it is useful to understand the relationship between global coordinates in degrees, minutes and seconds or decimal degrees and, for example, distance in metres. Unfortunately the relationship is not linear so it is important to obtain a sense of the general relationship. The following table provides a good approximation to the relationship between degree and physical distance in metres at a select latitudes. The table can be used to approximate a conversion using orders of magnitude. Precise measures will of course have to be calculated more carefully.

The table below shows what distances correspond to different angle measures. Because the longitude spacing narrow towards the poles the distance corresponding to a specific angle change from the equator towards the poles. The latitudes are, however, equally spaced and the distances in N–S are therefore not affected.

Grader	Grader Minuter Sekunder	Ö/V: 0° & N/S (m)	Ö/V: 23° (m)	Ö/V: 45° (m)	Ö/V: 67° (m)
1.0	1°0'0''	111 320	102 470	78 710	43 496
0.1	0°6'0''	11 132	10 247	7 871	4 349.6
0.01	0°0'36''	1 113.2	1 024.7	787.1	434.96
0.001	0°0'3.6''	111.32	102.47	78.71	43.496
0.0001	0°0'0.36''	11.132	10.247	7.871	4.3496
0.000 01	0°0'0.036''	1.1132	1.0247	0.7871	0.434 96
0.000 001	0°0'0.0036''	0.111 32	0.102 47	0.078 71	0.043 496
0.000 000 1	0°0'0.000 36''	0.011 132	0.010 247	0.007 871	0.004 349 6
0.000 000 01	0°0'0.000 036''	0.001 113 2	0.001 024 7	0.000 787 1	0.000 434 96

References

- Alexanderson H, Bernhardson M. 2016. OSL dating and luminescence characteristics of aeolian deposits and their source material in Dalarna, central Sweden. *Boreas* 45:876–893. doi:10.1111/bor.12197.
- Bogoyavlensky V, Bogoyavlensky I, Nikonov R, Sizov O, Kishankov A, Kargina T. 2022. Seyakha catastrophic blowout and explosion of gas from the permafrost in the Arctic, Yamal Peninsula. *Cold Regions Science and Technology* 196:103507. doi:10.1016/j.coldregions.2022.103507.
- Bouvier V, Johnson MD, Påsse T. 2015. Distribution, genesis and annual-origin of De Geer moraines in Sweden: insights revealed by LiDAR. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 137:319–333. doi:10.1080/11035897.2015.1089933.
- Hättestrand C, Kleman J. 1999. Ribbed moraine formation. *Quaternary Science Reviews* 18:43–61. doi:10.1016/S0277-3791(97)00094-2.
- Jansson P. 2018a. Att använda Google Earth Pro/Using Google Earth Pro. Stockholm: Stockholm University Figshare. <https://doi.org/10.17045/sthlmuni.8081078>.
- Jansson P. 2018b. Setting up and using QGIS for geomorphological exercises. Stockholm: Stockholm University Figshare. <https://doi.org/10.17045/sthlmuni.7263929>.
- Johnson MD, Benediktsson , Björklund L. 2013. The Ledsjö end moraine—a subaquatic push moraine composed of glaciomarine clay in central Sweden. *Proceedings of the Geologists' Association* 124:738–752. doi:10.1016/j.pgeola.2012.08.001.
- Johnson MD, Fredin O, Ojala AE, Peterson G. 2015. Unraveling Scandinavian geomorphology: the LiDAR revolution. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 137:245–251. doi:10.1080/11035897.2015.1111410.
- Klint M. 1959. Svåga älvs meanderlopp. Technical report. Länstyrelsen X-län. Gävle.
- Kravtsova VI, Rodionova TV. 2016. Methods of permafrost studies: Variations in size and number of thermokarst lakes in different permafrost regions: spaceborne evidence. *Kriosfera Zemli* 20:75–81.
- Lagerbäck R. 1988. The Veiki moraines in northern Sweden - widespread evidence of an Early Weichselian deglaciation. *Boreas* 17:469–486. doi:10.1111/j.1502-3885.1988.tb00562.x.
- Li J, Dong Z, Qian G, Zhang Z, Luo W, Lu J, Wang M. 2016. Yardangs in the Qaidam Basin, northwestern China: Distribution and morphology. *Aeolian Research* 20:89–99. doi:10.1016/j.aeolia.2015.11.002.
- Lidmar-Bergström K, Olvmo M. 2015. Plains, steps, hilly relief and valleys in northern Sweden—review, interpretations and implications for conclusions on Phanerozoic tectonics. volume 838 of *C. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning (SGU)*.
- Mackay JR. 1998. Pingo Growth and collapse, Tuktoyaktuk Peninsula Area, Western Arctic Coast, Canada: a long-term field study. *Géographie physique et Quaternaire* 52:271–323. doi:10.7202/004847ar.
- Matthews JA, Shakesby RA. 1984. The status of the "Little Ice Age" in southern Norway: relative-age dating of Neoglacial moraines with Schmidt hammer and lichenometry. *Boreas* 13:333–346. doi:10.1111/j.1502-3885.1984.tb01128.x.
- McPherson JG, Shanmugam G, Moiola RJ. 1987. Fan-deltas and braid deltas: Varieties of coarse-grained deltas. *Geological Society of America Bulletin* 99:331–340. doi:10.1130/0016-7606(1987)99<331:FABDVO>2.0.CO;2.
- Möller P, Dowling TP. 2016. Streamlined subglacial bedforms on the Närke plain, south-central Sweden – Areal distribution, morphometrics, internal architecture and formation. *Quaternary Science Reviews* 146:182–215. doi:10.1016/j.quascirev.2016.04.007.
- Rudberg S. 1960. Geology and geomorphology. In: E Sømme, editor. *A geography of Norden: Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden*. Oslo: J.W. Cappelén. p. 27–80.
- Springman SM, Arenson LU, Yamamoto Y, Maurer H, Kos A, Buchli T, Derungs G. 2012. Multidisciplinary investigations on three rock glaciers in the swiss alps: legacies and future perspectives. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 94:215–243. doi:10.1111/j.1468-0459.2012.00464.x.
- Strudley MW, Murray AB, Haff PK. 2006. Regolith thickness instability and the formation of tors in arid environments. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 111. doi:10.1029/2005JF000405.
- Sundborg . 1956. The River Klarälven: A Study of Fluvial Processes. *Geografiska Annaler* 38:125–237. doi:10.2307/520140.
- Twidale CR, Bourne JA. 1975. Episodic exposure of inselbergs. *Geological Society of America Bulletin* 86:1473–1481. doi:10.1130/0016-7606(1975)86<1473:EEOI>2.0.CO;2.
- Veremeeva AA, Glushkova NV. 2016. Formation of relief in the regions of ice complex deposits distribution:: Remote sensing and GIS studies in the Kolyma lowland. *Kriosfera Zemli* 20:14–24.
- Wakasa S, Matsuzaki H, Tanaka Y, Matsukura Y. 2006. Estimation of episodic exfoliation rates of rock sheets on a granite dome in Korea from cosmogenic nuclide analysis. *Earth Surface Processes and Landforms* 31:1246–1256. doi:10.1002/esp.1328.
- Wartman J, Montgomery DR, Anderson SA, Keaton JR, Benoît J, dela Chapelle J, Gilbert R. 2016. The 22 March 2014 Oso landslide, Washington, USA. *Geomorphology* 253:275–288. doi:10.1016/j.geomorph.2015.10.022.
- Wiggs GF. 2001. Desert dune processes and dynamics. *Progress in Physical Geography* 25:53–79. doi:10.1177/030913330102500103.

Version description

Ver.	Date	Description
4	10 Nov. 2023	Added additional periglacial exercises. Tasks in a few exercises modified based on student feedback. The figures in exercises 4.1 and 10 have been improved to aid performing the exercise
3	15 Nov. 2022	Added digital geomorphology lab section and made corrections to typographical errors. Added .kmz files for exercise geolocation to the Figshare repository
2	30 Nov. 2020	Improved figures and reorganised chapter order. Geomorphology lab rewritten
1	2018	First version